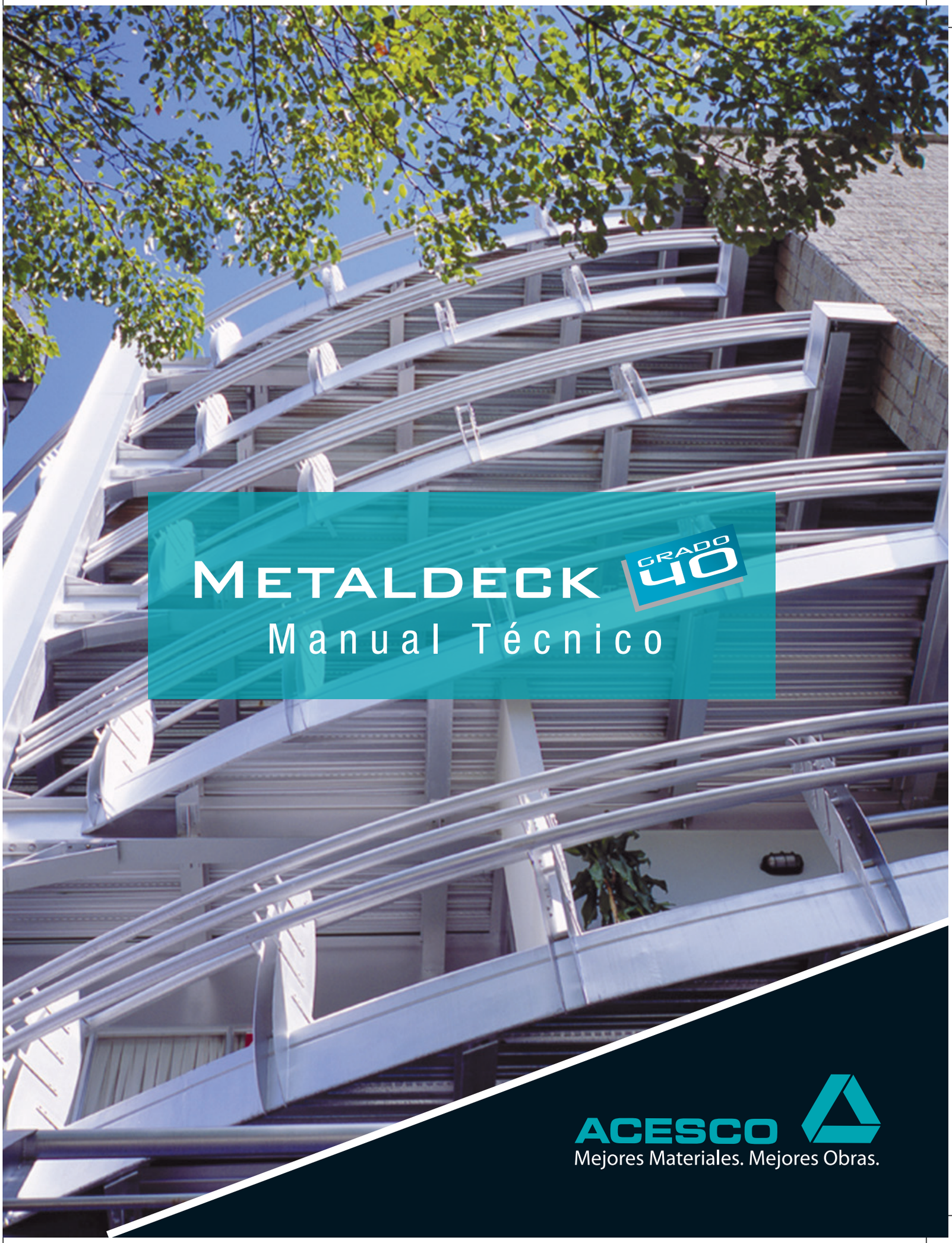


METALDECK GRADO 40

Manual Técnico

ACESCO

Mejores Materiales. Mejores Obras.

METALDECK GRADO 40

Manual Técnico

ACESCO

Mejores Materiales. Mejores Obras.

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

Manual técnico del METALDECK
Los derechos de esta obra han sido reservados conforme a la ley por ACESCO, por tanto sus textos y gráficos no pueden reproducirce por medio alguno sin previa autorización escrita del autor.

ISBN: pendiente
Diseño y Diagramación: Synergia AD
Impreso por:
Nical Impresores ltda.
Impreso en Colombia
Printed in Colombia
2013

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

RECONOCIMIENTOS

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Ing. Luis E. Yamín

UNIVERSIDAD DEL NORTE
Ing. Pedro Therán

DEPARTAMENTO TÉCNICO ACESCO

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

CAPITULO 1 9

Introduccion 10
1.1. Ventajas 10
1.2 A quien esta dirigido 11
1.3 Resumen del contenido 11
1.4 Responsabilidades 11

CAPITULO 2 13

Descripcion del sistema Metaldeck 14
2.1 Lamina de Metaldeck 14
2.1.1 Espesor de diseño 16
2.1.2 Espesor minimo entregado 16
2.2 Tolerancias de fabricación 18
2.3 Funciones de la lamina de acero 18
2.4 Concreto 19
2.5 Refuerzo por retracción y temperatura 19
2.6 Refuerzo negativo en la losa 20
2.7 Espesor de la losa y recubrimiento mínimo 20
2.8 Fijacion lateral 20

CAPITULO 3 22

Aspectos del diseño 23
3.1 Diseño de Metaldeck como formaleta 23
3.1.1 Propiedades 23
3.1.2 Cargas 23
3.1.3 Resistencia de la sección transversal 24
3.1.4 Deflexiones admisibles 25
3.1.5 Soportes adicionales (apuntalamientos temporales) 25
3.1.6 Longitudes de apoyo 27
3.2. Metaldeck y concreto como seccion compuesta 27
3.2.1 General 27
3.2.2 Hipotesis de analisis 27
3.2.3 Hipotesis de carga 28
3.2.5 Deflexiones 28
3.2.6 Diseño a flexión – metodo de los esfuerzos admisibles 30
3.2.6.1 Compresion en el concreto 31
3.2.7 Diseño a flexión – método de la resistencia ultima 31
3.2.8 Resistencia de adherencia a cortante 33
3.2.9 Esfuerzos cortantes en la sección compuesta 35
3.3 Tablas de ayuda para diseño y ejemplos de diseño. 36
3.4 Funcionamiento como diafragma 36
3.5 Consideraciones adicionales. 38
3.5.1 Cargas concentradas 38
3.5.1.1 Cargas de 10kn (1000kgf) o inferioreS 39

3.5.1.2 Cargas mayores a 10kn (1000kgf) 40
3.5.1.3 Conectores de cortante para resistencia última 41
3.5.2 Secciones compuestas con vigas de apoyo 42
3.5. 3 Vibraciones ambientales y cargas dinámicas 42
3.5.4 Voladizos 44
3.5.5 Estructura de parqueo 44
3.5.6. Protección de la lámina 44
3.5.7 Resistencia al fuego 44
3.5.8 Lamina de Metaldeck como plataforma de trabajo (solo formaleta) 45
3.5.9 Otros criterios 45

CAPITULO 4 **46**

Aspectos constructivos 47
4.1 Manejo e instalación del sistema metaldeck 47
4.1.1 Empaque, transporte, recepción y descargue 47
4.1.2. Almacenamiento y protección 48
4.1.3 Manejo e izaje 48
4.1.4 Instalacion 49
4.1.5 Notas de seguridad 51
4.1.6. Otras recomendaciones 52
4.2. Anclaje de láminas de metaldeck 52
4.2.1 Requisitos básicos 52
4.2.2 Sujeciones a estructuras de acero 53
4.2.3 Sujeciones a estructuras de concreto 53
4.2.4 Soldaduras 54
4.2.5 Pernos de cortante 54
4.2.6 Conexiones de borde 55
4.3 Láminas dañadas y perforaciones 56
4.3.1 Generalidades 56
4.3.2 Láminas para cubierta 57
4.3.3 Sumidero o colector 58
4.3.4 Láminas para entrepisos 58
4.3.5 Otros requisitos y recomendaciones 60
4.4 Manejo y colocación del concreto 61
4.4.1 Limpieza del tablero 61
4.4.2 Vaciado del concreto 61
4.4.3 Otras consideraciones 63

REFERENCIAS **64**

Apéndice 1 66
Apéndice 2 75
Apéndice 3 76
Apéndice 4 78
Apéndice 5 82
Apéndice 6 88

Capítulo
1

INTRODUCCIÓN

El sistema de losa METALDECK aprovecha las características de una lámina de acero preformada (STEEL DECK) sobre la cual se hace un vaciado en concreto. El comportamiento combinado entre el concreto, una vez que este ha alcanzado su resistencia máxima, y el tablero en acero, permite obtener un sistema de losa estructural práctico para todo tipo de edificaciones.

Se impone ante los sistemas tradicionales por aspectos como su rapidez en obra, gran resistencia, limpieza, bajo peso y economía. El sistema es diseñado acorde con las especificaciones para Composite Steel Floor Deck (Tablero de piso en acero para comportamiento compuesto) emitidas por el SDI (Steel Deck Institute)

1.1. VENTAJAS

METALDECK ofrece ventajas significativas con respecto a otros sistemas de entrepiso tradicionales. Entre ellas se resaltan las siguientes:

Funcionalidad: Se acomoda a multitud de aplicaciones prácticas y a muchas situaciones diferentes en entrepiso para edificaciones.

Resistencia estructural con menos peso: Las propiedades del acero son utilizadas con una máxima eficiencia en el diseño y la fabricación del Metaldeck, resultando un producto de una alta resistencia con relación a su peso. Por consiguiente los costos de transporte, montaje de la estructura principal pueden ser menores que con otros sistemas.

Apariencia atractiva: Aunque el sistema METALDECK es principalmente un componente estructural, es visualmente muy atractivo cuando es expuesto en aplicaciones arquitectónicas. Su recubrimiento protector lo hace fácil para su mantenimiento, durable estéticamente agradable.

Construcción en todos los climas: El sistema pede ser instalado en la mayoría de las condiciones climáticas, eliminando los costosos retrasos que pueden presentarse con otros sistemas de entrepiso.

Calidad uniforme: Gracias a la ingeniería involucrada y a las técnicas de producción de mejora continua, los productos del sistema cumplen con los estándares de calidad especificados en las normas internacionales (SDI Steel Deck Institute)

Durabilidad garantizada: El sistema ha sido instalado por más de medio siglo en múltiples países con un comportamiento satisfactorio, lo cual es garantía de su durabilidad.

Economía y valor agregado: El sistema combina bajos costos con óptimo comportamiento. El valor agregado se determina combinando los costos iniciales, los costos por vida útil y los asociados al comportamiento. El sistema minimiza el desperdicio de material, requiere en general menor volumen de concreto que otros sistemas y por otro lado permite reducir el peso de la edificación, lo cual naturalmente, se traduce en mayores ahorros de material en el resto de la estructura y a nivel de cimentación.

Facilidad constructiva: Dentro de los diversos factores constructivos que pueden mencionarse están su bajo peso que facilita

su manipulación, óptimo almacenamiento en obra, rapidez de instalación, no requiere mortero de afinado de piso, permite fácilmente la instalación de líneas de servicios posterior a la fundida de la losa, lo cual a su vez reduce el tiempo de construcción y mejora la calidad de la obra, no es biodegradable, no contamina otros materiales, se adapta a cualquier geometría y puede utilizarse tanto en estructuras metálicas como de concreto o aún sobre muros de mampostería.

Doble función estructural: Sirve como plataforma de trabajo y formaleta de piso a la vez que conforma el refuerzo principal de la losa una vez fragua el concreto.

Dentro de las consideraciones especiales del sistema pueden mencionarse su resistencia al fuego con respecto a otros materiales, sus costos directos iniciales, la racionalización del sistema de corte para permitir los pases de instalaciones, las geometrías especiales, el manejo de cielorrasos y algunas precauciones constructivas especiales. También deben mencionarse los efectos eventuales de retracción de fraguado y por cambios de temperaturas, razón por lo cual hay que garantizar un procedimiento constructivo adecuado y unas protecciones especiales a las losas que quedan a la intemperie.

1.2 A QUIÉN ESTA DIRIGIDO

El presente manual va dirigido a ingenieros civiles, arquitectos, constructores, interventores, consultores, supervisores técnicos, estudiantes de ingeniería y arquitectura, inspectores, laboratoristas y en general a toda persona o entidad que esté relacionada con el sistema METALDECK.

1.3 RESUMEN DEL CONTENIDO

El manual presenta cuatro partes principales:

Descripción del sistema: Esta parte trata de manera general el funcionamiento del mismo, las bases teóricas principales para el diseño, aspectos técnicos a tener en cuenta durante la construcción y otras consideraciones de tipo general.

Aspectos de diseño: Aquí se establece la metodología general para diseño y se hace referencia a las ayudas existentes.

Aspectos constructivos: Incluye todo el proceso constructivo, desde transporte a la obra pasando por almacenamiento, instalación, anclajes, vaciado de concreto y en general todos los aspectos relacionados con la construcción.

Ejemplos de diseño: Se desarrolló un completo ejercicio de diseño y utilización del sistema apoyándose en la información del Apéndice 2.

El manual presenta además, a manera de Apéndices, las propiedades físicas, mecánicas y geométricas del METALDECK, las tablas para el diseño de entrepisos estructurales con el sistema METALDECK y tablas de ayuda para el cálculo de momentos, cortantes y deflexiones en vigas con diferentes tipos de apoyo y de carga.

1.4 RESPONSABILIDADES

El diseño estructural de losas con sistema METALDECK deberá ser realizado por un ingeniero Civil o Estructural idóneo, debidamente acreditado con matrícula

profesional. Será responsabilidad del cliente el despiece para su proyecto. El cliente estará en la posibilidad de colocarse en contacto con el departamento técnico de ACESCO para recibir asesoría en cuanto al manejo del producto. Las recomendaciones técnicas emitidas por el departamento técnico de ACESCO no comprometen de alguna manera a ACESCO con el cliente ni con alguna otra persona o entidad.

La información presentada en este manual ha sido preparada de acuerdo con principios de ingeniería reconocidos. Ninguna de las indicaciones y recomendaciones dadas en este manual debe ser utilizada sin el previo estudio cuidadoso por parte de un Ingeniero Civil o Estructural con matrícula profesional quien debe ser competente para evaluar el significado y las limitaciones del material presentado.

Este ingeniero es quien debe aceptar la responsabilidad de aplicar este material al diseño de un caso específico. ACESCO no se hace responsable por la mala e indebida utilización de la información contenida en el presente Manual. Aspectos como la precisión completitud o conveniencia de aplicar dicha información a un caso particular y otros deben estudiarse específicamente.

ACESCO o cualquiera de los participantes en la realización del presente Manual no podrán ser demandados por cualquier queja, demanda, injuria, pérdida o gastos, que de cualquier manera surjan o estén relacionados con la utilización de la información aquí presentada, aún en el caso que dicho evento resulte directa o indirectamente por cualquier acción, error u omisión de ACESCO o de cualquiera de los participantes en este Manual.

Capítulo 2

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA METALDECK

El sistema de losa METALDECK consiste en una lámina de acero preformada, adecuadamente diseñada para soportar el peso del vaciado de una losa de concreto y cargas adicionales debido al proceso constructivo de la misma. Una vez que el concreto alcanza su resistencia de diseño, la adherencia entre los dos materiales permite constituir lo que se conoce como Composite Steel Floor Deck (Tablero de acero para comportamiento compuesto), logrando así tener un sistema de losa adecuado para todo tipo de edificaciones.

Las láminas preformadas de acero tienen dos funciones principales:

1. Trabajar como formaleta: para el vaciado de la losa de concreto y cargas adicionales debido al proceso constructivo.

2. Actuar como refuerzo positivo de la losa una vez el concreto haya fraguado. Esta propiedad de la lámina de actuar como refuerzo de la losa otorga las características de lámina colaborante.

El sistema puede utilizarse en edificios donde la estructura principal es en concreto o en acero y debe conectarse adecuadamente a las vigas principales de apoyo para servir de diafragma estructural y para, si así se proyecta, conformar elementos en construcción compuesta con dichas vigas. Adicionalmente puede apoyarse convenientemente sobre muros estructurales en mampostería o concreto.

En la Figura 2.1 se presenta el esquema general del sistema estructural de entrepiso METALDECK.

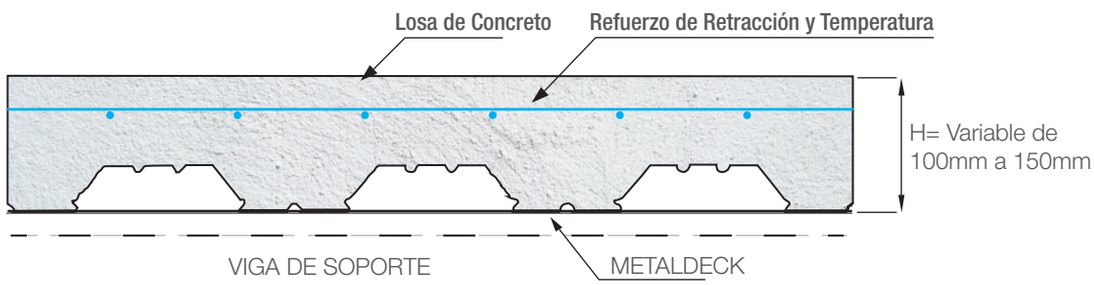


FIGURA 2.1 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA METALDECK

2.1 LAMINA DE METALDECK

El acero utilizado es del tipo Laminado en Frío (Cold Rolled) y Galvanizado, con un comportamiento esencialmente elasto-plástico, con esfuerzo de fluencia mínimo nominal igual a 275MPa (40ksi) y con un módulo de elasticidad igual a 203,000MPa (29,500ksi). El acero debe ser fabricado siguiendo los lineamientos de las secciones F.4.1 a F.4.5 del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 (referencia1) y estar acorde además con la norma ASTM A653 SS grado 40. La Figura 2.2 presenta una curva típica esfuerzo deformación de una probeta tomada del material y ensayada de acuerdo con la norma ASTM A370.

La tabla 2.1 resume las características de la lámina utilizada para la fabricación del Metaldeck:

Propiedades de lámina METALDECK	
Punto de fluencia mínimo	40ksi (272MPa)
Resistencia última	55ksi (380MPa)
Elongación en 50mm	16%
Recubrimiento en Zinc	G60

TABLA 2.1 PROPIEDADES DE LA LÁMINA GALVANZADA PARA FABRICACIÓN DE METALDECK

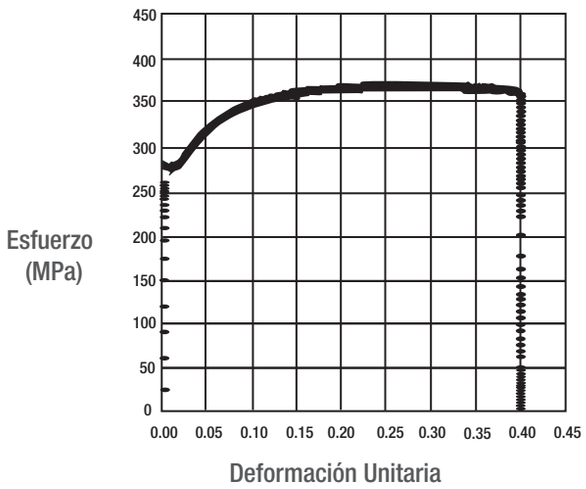


FIGURA 2.2 CURVA ESFUERZO DEFORMACION TIPICA DEL ACERO

El proceso de galvanizado se desarrolla a partir de láminas de acero laminado en frío (Cold Rolled) las cuales se someten a un proceso de inmersión en caliente en un baño de zinc fundido para obtener los recubrimientos deseados, siguiendo los lineamientos de las normas ICONTEC NTC 4011 y ASTM A653.

Las etapas del proceso de galvanizado son las siguientes:

1. Desengrase: Es la primera etapa de la limpieza en el proceso que se utiliza para remover la capa de aceite y grasa superficial que trae la lámina de acero laminado en frío (Cold Rolled) empacada en rollos, con el objeto de ir eliminando las impurezas que afectan la etapa del galvanizado. El desengrasante se prepara haciendo una mezcla en agua de agentes humectantes, surfactantes y tensoactivos los cuales dan poder limpiador a la solución.

2. Cepillado: En esta etapa la lámina es limpiada por acción mecánica de rodillos recubiertos en cerdas los cuales giran y presionan en sentido contrario a la dirección de recorrido de la lámina y su principal

función es eliminar toda partícula sólida que se encuentra adherida al material tanto en la cara superior como en la inferior. Cabe anotar que la etapa de Desengrase y Cepillado es dual, es decir se hace dos veces cada una para asegurar la limpieza del material, lo que al final garantiza un óptimo galvanizado.

3. Decapado: En esta etapa se elimina el óxido superficial que presenta la lámina. Se usa una solución de ácido en agua para hacer dicha función, después de haber eliminado el aceite y la grasa en la etapa anterior. Importante mencionar que aunque el sistema está actualmente habilitado se usan nuevas tecnologías de desengrasantes que cumplen también con esta función. Sólo se usa la etapa propia de Decapado cuando las condiciones de oxidación del material así lo ameritan.

4. Enjuague: En esta etapa se aplica agua limpia a presión sobre las dos caras de la lámina para eliminar los residuos que hayan quedado en las etapas anteriores. El objetivo es entregar el material limpio antes de entrar al horno de precalentamiento.

5. Secado: Le sigue al enjuague y consiste en aplicar aire caliente en gran cantidad para eliminar la humedad del material antes de entrar al horno.

6. Horno de precalentamiento y recocido: La lámina se precalienta y recoce para conseguir las propiedades deseadas por el cliente y así mismo elevarla a la temperatura del zinc fundido que es de 460ºC, aproximadamente.

7. Galvanizado caliente: La lámina es sumergida en la cuba con zinc fundido el cual se adhiere a los poros de la misma y mediante unas cuchillas especiales se aplica aire en gran cantidad en ambas caras del material hasta conseguir la capa en el espesor deseado.

8. Enfriamiento: Las láminas cambian bruscamente de temperatura al salir del pozo de zincado hacia un chorro de aire que ejerce presión sobre las mismas. Este acelera el secado de la capa de zinc y evita imperfecciones al momento del contacto con el primer rodillo. Cinco colchones de aire bajan su temperatura de salida del tanque hasta unos 60°C, aproximadamente.

9. Pasivado: El acero requiere un tratamiento adicional para prevenir la presencia de óxido blanco y dar una mayor resistencia a la corrosión, para esto se emplea una solución pasivante.

2.1.1 ESPESOR DE DISEÑO

El espesor de la lámina utilizado en el diseño no debe tener en cuenta el recubrimiento en zinc u otro material para protección o acabado. Este es el espesor del acero base sin ningún tipo de recubrimiento. El recubrimiento en zinc o pintura no incrementa la capacidad estructural y por ende no debe ser tenido en cuenta en el diseño.

2.1.2 ESPESOR MÍNIMO ENTREGADO

Debido a que existen tolerancias al momento de solicitar láminas o rollos de acero a cualquier proveedor, es razonable esperar algunas diferencias entre el espesor distribuido de un producto formado en frío y el espesor de diseño. El espesor mínimo de la lámina aceptado para la fabricación del tablero metálico de trabajo en sección compuesta, corresponde a un espesor de acero base de 0.75mm (calibre 22) de acuerdo con la sección F.4.7.2.1 y la tabla F.4.7.2.2 del NSR-

10. Se permite una tolerancia del 5% en el espesor de acero base en la fabricación del tablero (el espesor no debe ser menor al 95% del espesor de diseño).

El METALDECK es formado a partir de hojas de acero de 1200mm de ancho con variación de longitud dependiendo de los rollos con los que se alimenta la máquina, cortándose a la medida por el formato respectivo. Una vez formado el producto, a partir del acero galvanizado, el ancho útil para los elementos resultantes es de 940mm para Metaldeck de 2'' (MD2) y de 870mm para Metaldeck de 3'' (MD3).

Debido a que el tablero metálico METALDECK llega a ser el refuerzo positivo para la losa, este debe diseñarse para durar toda la vida útil de la estructura. El acabado mínimo para la lámina galvanizada utilizada en la fabricación del METALDECK es definido por la norma ASTM A653 como G60 (Z180).

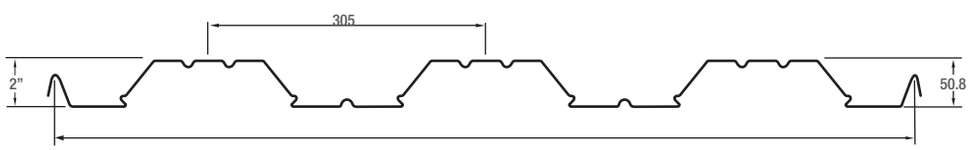
Las láminas de metaldeck se fabrican en dos geometrías de acuerdo a la altura (2"-MD2 y 3"-MD3) que se presentan en la figura 2.3 en la que se indican las dimensiones típicas nominales. Las láminas se comercializan en longitudes estándar (ver apéndice 1) y pueden solicitarse a la medida de acuerdo al despiece de cada proyecto en longitudes desde 1.00m hasta 12.00m en todos los calibres de fabricación.

En el Apéndice 1 –Propiedades de las láminas de METALDECK se incluyen las propiedades geométricas principales de los diferentes tipos de láminas colaborantes disponibles.

Calibre (tipo No.)	Espesor de diseño		Espesor mínimo	
	mm	pulg.	mm	pulg.
22	0.75	0.0295	0.71	0.0283
20	0.90	0.0354	0.855	0.0337
18	1.20	0.0472	1.140	0.0449
16	1.50	0.0591	1.425	0.0561

TABLA 2.2 ESPESORES DE DISEÑO Y MÍNIMOS ACEPTABLES DEL MATERIAL ANTES DEL RECUBRIMIENTO (TABLA F.4.7.2-2 DEL NSR-10)

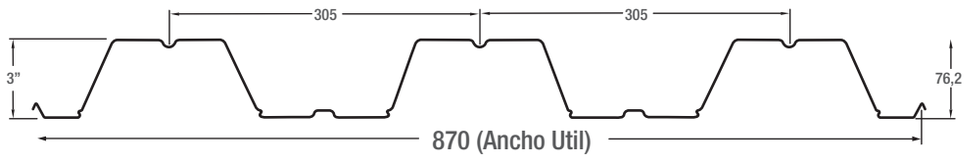
GEOMETRíA METALDECK 2"



940 (Ancho Útil)

Dimensiones en milímetros

GEOMETRíA METALDECK 3”



Dimensiones en milímetros

FIGURA 2.3 FORMAS Y DIMENSIONES TRANSVERSALES DISPONIBLES

Parámetro de control de la lámina	Tolerancia
Longitud	± 12mm
Espesor	≥95% del espesor de diseño
Ancho efectivo	-10mm + 20mm
Flecha y curvatura	6mm en 3.00m
Borde de lámina por fuera de la escuadra	10mm por metro de ancho de lámina

TABLA 2.3 TOLERANCIA PARA EL METALDECK
Tolerancias tomadas del Steel Deck Institute Design Manual (referencia 16)

2.2 TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN

Las tolerancias normales y aceptadas en fabricación se re-sumen en la Tabla 2.3

2.3 FUNCIONES DE LA LÁMINA DE ACERO

La lámina de acero tiene dos funciones principales que son:

1. Durante el proceso constructivo sirve como formaleta permanente o para conformar una plataforma segura de trabajo. Esta elimina la necesidad de armar y remover las formaletas temporales utilizadas en los sistemas tradicionales. Antes del endurecimiento del concreto fresco, la lámina debe soportar su propio peso más el peso propio del concreto fresco y las cargas adicionales de construcción. Se deben verificar tanto los esfuerzos como las deflexiones máximos y compararlos con los valores máximos permitidos.
2. Como componente estructural definitivo conforma el refuerzo positivo de la losa. Una vez que el concreto alcanza su resistencia actúa con el acero en forma compuesta para resistir las cargas muertas y las cargas vivas sobreimpuestas. La interacción se forma a partir de una combinación de adherencia superficial entre el concreto y el acero y por medios mecánicos mediante la restricción impuesta por la forma de la lámina a través de resaltes en la superficie, hendiduras o dispositivos para transferencia de cortante uniformemente espaciados. En este estado deben calcularse igualmente los esfuerzos y las deflexiones máximos y compararlos con los permitidos.

La losa de concreto con METALDECK y la viga de acero o concreto reforzado que sirve de apoyo a la misma, pueden interconectarse convenientemente mediante conectores de cortante para producir una sola unidad estructural a flexión la cual tiene mayor resistencia y rigidez que una losa y viga independientes. En el caso de losas de entrepiso diseñados para actuar en construcción compuesta con las vigas de apoyo se requiere de la instalación de conectores de cortantes entre los dos elementos y se hace énfasis en el recubrimiento de concreto alrededor de los mismos. Este tipo de diseño especial está por fuera del alcance del presente manual y puede consultarse en detalle en las referencias 5, 6. Para el caso en que la viga de soporte sea en acero puede utilizarse la sección I3 del AISC, Specication for Structural Steel Buildings (referencia 2). Para vigas de concreto puede utilizarse, por ejemplo, las indicaciones dadas en la referencia 13.

2.4 CONCRETO

El concreto estará de acuerdo con lo estipulado en el título C del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. La resistencia mínima a la compresión especificada para el concreto, f'c, será de 21MPa (3ksi) o la que sea requerida por exposición al fuego o durabilidad. No se permite el uso de aditivos o acelerantes que contengan sales clorhídricas o fluoruros ya que éstos pueden producir corrosión sobre la lámina de acero.

2.5 REFUERZO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

La malla de acero de refuerzo que se recomienda colocar en el sistema tiene el propósito fundamental de absorber los efectos de la retracción de fraguado del concreto y los cambios térmicos que ocurran en el sistema. Esta malla o refuerzo está conformado por barras con resistencia a la fluencia de al menos 420MPa (60ksi) o por mallas electrosoldadas de alambrón. La experiencia ha mostrado al menos un incremento del 10% en la capacidad de carga de losas con la malla comparada con losas que no la tienen. El refuerzo por retracción y temperatura debe suministrar un área mínima de 0.00075 veces el área del concreto por encima de la lámina de METALDECK, pero no debe ser menor que una malla con un área de 59.3 mm2 de acero por metro de ancho de losa. La mínima especificación recomendada para el sistema METALDECK de ACESCO es una malla cuadrada de 150mm x 150mm de 4mm de diámetro como refuerzo por temperatura.

La utilización de fibras en el concreto pueden ser una solución alternativa a la malla de refuerzo por retracción y temperatura. La norma ASTM A820 especifica la utilización de estas fibras en acero para control de agrietamiento donde la cuantía mínima de estas en el concreto será de 14.8kg/m+ (25lb/yd+). También pueden utilizarse fibras macro sintéticas "fibras toscas", hechas de un poleolefino virgen y deben tener un diámetro equivalente entre 0.4mm (0.016pulg) y 1.25mm (0.05pulg) con una mínima relación de aspecto (longitud / diámetro equivalente) de 50. La mínima cuantía de estas últimas será de 2.4kg/m+ (4lb/yd+) y son convenientes para ser usadas como refuerzo mínimo por retracción y temperatura. Aunque la malla de refuerzo por temperatura o las fibras no previenen de manera total el agrietamiento, lo cierto es que han mostrado tener un buen trabajo para el control de grietas, en especial

si la malla se mantiene cercana a la superficie superior de la losa (recubrimiento de 20 a 25mm). El área de refuerzo suministrada para la malla de acuerdo con la fórmula expresada anteriormente o la cuantía mínima de fibras en acero o fibras macro sintéticas no serán suficientes para ser asumidas como el total del refuerzo negativo. Debe calcularse la cantidad de refuerzo negativo sin tener en cuenta el aporte de la malla por temperatura o las fibras.

2.6 REFUERZO NEGATIVO EN LA LOSA

Para losas que involucren varias luces consecutivas, el ingeniero puede seleccionar un sistema de losa continuo en los apoyos, caso en el cual es necesario diseñar la losa para el momento negativo que se genera y deberá colocarse el refuerzo negativo complementario en estos puntos de apoyo. En estos casos la lámina colaborante será diseñada para actuar solo como una formaleta permanente. El tablero de acero de trabajo compuesto (Composite steel deck) no se considera como refuerzo en compresión en las áreas con presencia de momento negativo. Para el diseño particular en parqueaderos debe considerarse continuidad en los diferentes vanos y calcularse el respectivo refuerzo negativo para cumplir esa condición.

En las losas con voladizos la lámina METALDECK actúa solo como formaleta permanente. Debe proporcionarse refuerzo superior para absorber los esfuerzos generados bajo esta consideración.

2.7 ESPESOR DE LA LOSA Y RECUBRIMIENTO MÍNIMO

El recubrimiento mínimo de concreto por encima de la parte superior de la lámina de METALDECK (tc) debe ser de 50mm (2pulg.) Cuando se coloque refuerzo negativo adicional a la malla por temperatura y retracción, el recubrimiento mínimo de concreto por encima del este debe ser de 20mm.

De acuerdo con lo anterior, los espesores mínimos totales recomendados para losas en METALDECK se resumen en la tabla 2.4.

2.8 FIJACIÓN LATERAL

Las láminas de acero deben sujetarse unas con otras en sentido transversal con tornillos autoperforantes, remaches pop ó puntos de soldadura (hasta calibre 20). La distancia entre estas fijaciones debe cumplir con la siguiente especificación:

Para Luz < 1.50m: Un (1) Tornillo en el centro de la luz.
Para Luz > 1.50m: un (1) Tornillo cada 36” (1000mm)
El detalle del traslapo se muestra en la figura 2.5.

Referencia	Altura de lámina	Espesor total mínimo concreto
Metaldeck 2”	50.8mm (2”)	100mm (4”)
Metaldeck 3”	76.2mm (3”)	130mm (5”)

TABLA 2.4 ESPESORES TOTALES MÍNIMOS DE LA LOSA EN EL SISTEMA COMPUESTO

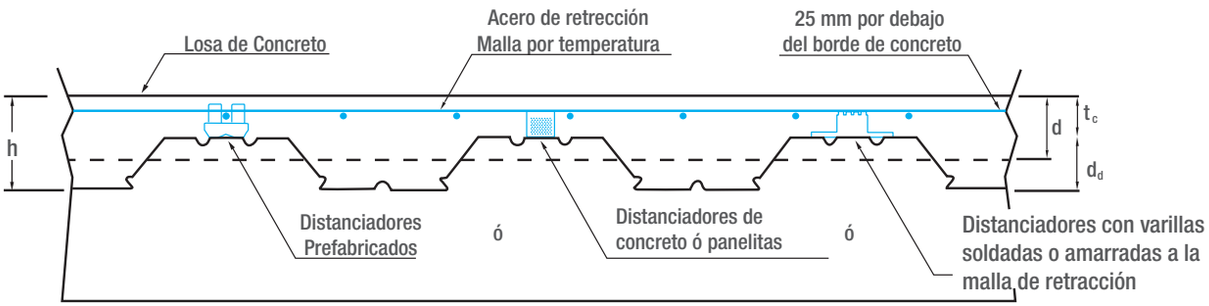


FIGURA 2.4 NOMENCLATURA BASICA PARA SECCION DE LOSA

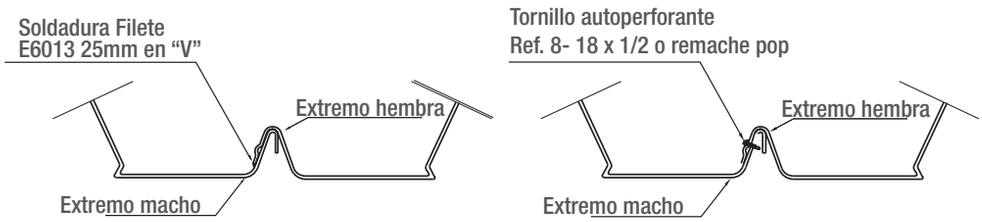


FIGURA 2.5 DETALLE DE TRASLAPO

Capítulo 3

ASPECTOS DE DISEÑO

El diseño de entrepiso con METALDECK involucra dos etapas principales: La primera etapa es cuando el concreto fresco aún no ha fraguado, en la cual, la lámina colaborante funciona principalmente como formaleta, y la segunda cuando el concreto alcanza su resistencia y este, en combinación con la lámina metálica, trabajan como sección compuesta. Además de estas consideraciones principales es necesario garantizar el funcionamiento de las losas como diafragma de piso, cuando esto sea una consideración de diseño.

A continuación se presenta la metodología recomendada de diseño para cada una de las etapas antes mencionadas.

3.1 DISEÑO DE METALDECK COMO FORMALETA

3.1.1 PROPIEDADES

La geometría del METALDECK fue desarrollada para que pudiera trabajar como una formaleta permanente, soportando las cargas de construcción y el peso del concreto fresco. El cálculo del área transversal, momento de inercia y otras constantes de la sección transversal se determinan de acuerdo con las especificaciones del AISI, Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members (referencia 3)

En el Apéndice 1 – Propiedades del METALDECK, se presenta un resumen de las principales propiedades del METALDECK.

3.1.2 CARGAS

Las cargas a considerar durante la etapa constructiva, cuando la lámina actúa como formaleta, son las siguientes.

- El peso propio del tablero
- El peso propio del concreto fresco (con un peso específico de 2.4kN/m3)
- Las cargas de construcción temporales que se calculan como la más severa entre una carga uniformemente distribuida de 20psf (1kPa) sobre la superficie de la lámina y una carga concentrada de 150lb (2.2kN) que actúan sobre una sección de la formaleta de 1.00m (1000mm) de ancho. Estas cargas corresponden a cargas de construcción como son sobrepesos por el manejo del concreto, peso de la maquinaria y las personas que trabajan en la construcción de la losa.

Durante la construcción, la lámina METALDECK trabajará en cualquiera de los tres siguientes casos:

1. **Formaleta sin apuntalamiento:** Si el vaciado se hace bajo esta condición, la sola lámina es capaz de soportar el peso propio del concreto y las cargas de construcción. Deben hacerse chequeos para las condiciones límite por esfuerzos cortante y flexión y por deflexiones máximas (ver apéndice 1). Si existe continuidad de la lámina sobre los apoyos, ésta se tendrá en cuenta para redistribución de esfuerzos.
2. **Formaleta con apuntalamiento intermedio:** Si la lámina no es capaz de soportar el peso del concreto fresco y las cargas de construcción puede optarse por colocar un punto de apoyo intermedio temporal, mientras el concreto alcanza su resistencia, garantizando que el comportamiento en sección compuesta es capaz de soportar las cargas sobreimpuestas de diseño. Este apuntalamiento crea un sistema de apoyo continuo para la lámina lo que permite la redistribución de los esfuerzos generados en la construcción.

Debe hacerse un recálculo de los esfuerzos y deflexiones para comprobación del buen funcionamiento de la lámina bajo la condición aquí descrita. Ver sección 3.1.5. de este manual.

3. **Formaleta con apuntalamiento uniforme:** Es una alternativa poco práctica aunque ideal para el control de deflexiones totales del sistema de losa. En esta condición la lámina es soportada en toda la longitud del vano, por lo cual, teóricamente no se presentan esfuerzos ni deflexiones debido al peso propio del concreto fresco o de las cargas de construcción. Bajo esta condición no es necesario hacer chequeo por esfuerzos o deflexiones durante la etapa constructiva.

Una vez que el concreto ha fraguado y la adherencia lámina-concreto alcanza su plenitud las consideraciones de carga realizadas en la etapa constructiva no afectan el diseño para la etapa de servicio. Debe hacerse un análisis por esfuerzos flectores y cortantes de la sección compuesta. Se utilizarán los factores de amplificación de carga (para el método por estados límite) y las combinaciones descritas en la sección 3.2.2 de este manual.

Las deflexiones y esfuerzos del METALDECK, actuando como formaleta, serán evaluados de acuerdo al procedimiento descrito en la figura del Apéndice 2.

3.1.3 RESISTENCIA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Si se utiliza el método de los esfuerzos de trabajo o esfuerzos admisibles (ASD), la tensión y compresión debido a la FLexión en el METALDECK no deben exceder:

$$\sigma_{calculado} \le \sigma_{admisible} = 0.6 \times f_y = 0.6 \times 40\,ksi$$
$$= 24\,ksi = 165\,MPa \le 36\,ksi = 250\,MPa$$
$$\sigma_{calculado} = M_{calculado} / S_{mínimo}$$

Donde:

$\sigma_{calculado}$ = Esfuerzo actuante en el acero (MPa)
$\sigma_{admisible}$ = Esfuerzo admisible en el acero (MPa) Este esfuerzo se limita a un máximo de 36ksi (250MPa)
f_y = Esfuerzo de fluencia en el acero (MPa)
$S_{mínimo}$=Modulo mínimo de la sección efectiva. Difiere para momento positivo y negativo (mm^3)
$M_{calculado}$ =Momento flector actuante calculado (N.mm) Para vigas simplemente apoyadas el valor es igual a: $q_{calculado} \; x \; L^2/8$ donde $q_{calculado}$ es la carga por metro lineal (se debe incluir el peso propio)

Por otra parte, si se utiliza el método por estados límite de resistencia debe cumplirse con la siguiente envolvente:

$$\left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}}\right)^2 + \left(\frac{V_{uy}}{\phi V_{ny}}\right)^2 \le 1.00$$

Donde:

M_{ux} = Momento flector actuante mayorado (N.mm)
V_{uy} = Cortante actuante mayorado (N)
ϕM_{nx}= Momento nominal resistente (0.95 x f_y x $S_{mínimo}$) (N.mm)
ϕV_{ny} = Cortante nominal resistente (N)

Para la determinación por este método del momento flector y cortante actuantes deben utilizarse los siguientes factores de amplificación: 1.2 para la lámina METALDECK, 1.6 para el peso del concreto y 1.4 para las

cargas de construcción. El cálculo de los módulos elásticos para las fibras superior e inferior de la lámina de METALDECK para flexión positiva y negativa y la resistencia al corte se realiza de acuerdo con la metodología desarrollada por el AISI, Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members, referencia 3. En el Apéndice 1 se presentan los módulos elásticos de la sección efectiva para las diferentes láminas de METALDECK así como su capacidad mayorada a cortante.

Nota: Ver Apéndice 2 para coeficientes de Cálculo de Cortantes, Momentos flectores y deflexiones con sistemas de una luz simple y continuos durante la etapa constructiva.

3.1.4 DEFLEXIONES ADMISIBLES

El cálculo de las deflexiones verticales del sistema, durante la etapa de construcción donde la lámina actúa como formaleta, incluye solo el peso propio del concreto de acuerdo con el espesor de diseño más el peso propio de la lámina. No deben adicionarse las cargas sobreimpuestas por construcción descritas en la sección 3.1.2, por el carácter temporal de las mismas. El METALDECK se diseña para permanecer en el rango elástico en la mayoría de las ocasiones, por consiguiente, este se recupera una vez se retiren las cargas temporales.

El límite superior para deflexiones verticales en la condición de formaleta será de:

$\delta_{calculado} \leq \delta_{admisible} = L/180$

Con un valor máximo de:

$\delta_{admisible} = 20mm \approx 3/4"$

Donde:

L = Luz libre entre apoyos (mm)
$\delta_{calculado}$ = Deflexión calculada (mm)
$\delta_{admisible}$ = Deflexión máxima admisible (mm)

3.1.5 SOPORTES ADICIONALES (Apuntalamientos temporales)

Si los esfuerzos presentados durante la construcción superan los parámetros máximos de esfuerzo (o su envolvente) o deflexiones, se puede recurrir a la utilización de apuntalamientos temporales localizados en los centros o tercios de los vanos. Esto disminuye la luz de análisis durante la construcción, lo que permite que los efectos sobre la lámina sean menores. Con este procedimiento se permite mantener las especificaciones más livianas de METALDECK.

El tipo de apuntalamiento temporal debe ser claramente indicado en los planos de construcción, así como su ubicación y el tiempo necesario hasta su retiro. El apuntalamiento debe estar en capacidad de resistir una carga uniforme mínima de 50psf (2.4kPa) y debe ser colocado en el sitio de construcción antes de la instalación de la lámina METALDECK.

Debe ser diseñado e instalado de acuerdo a lo establecido por NSR-10 (ó en su defecto las especificaciones del ACI) y debe ser dejado en el sitio al menos hasta que el concreto alcance el 75% de su resistencia de diseño. La múltiples pruebas de laboratorio realizadas por el SDI (Steel Deck Institute) han mostrado efectos benéficos del apuntalamiento sobre la sección compuesta, una vez que el concreto alcanza su resistencia de diseño. Estos efectos no son tenidos en cuenta en la capacidad final de la sección.

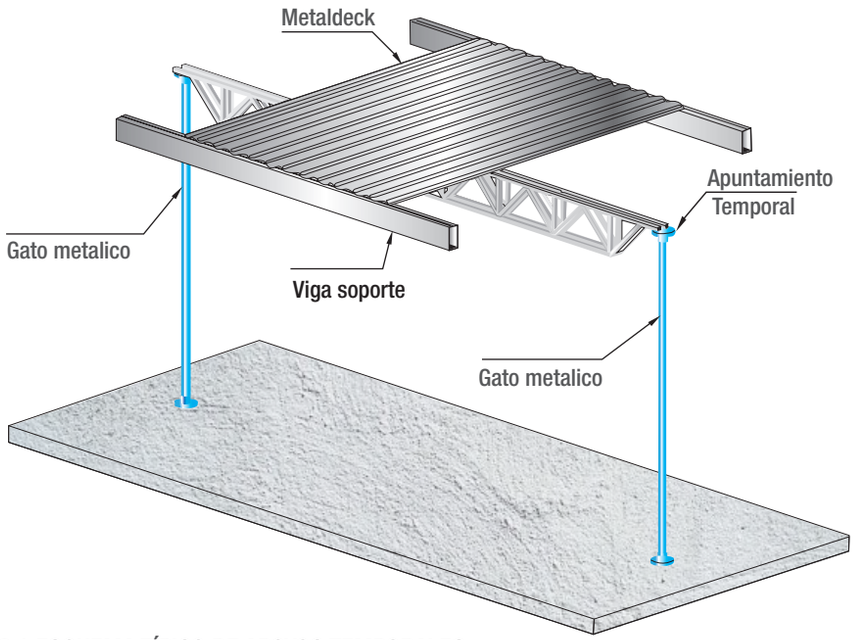


FIGURA 3.1 ESQUEMA TÍPICO DE APOYOS TEMPORALES

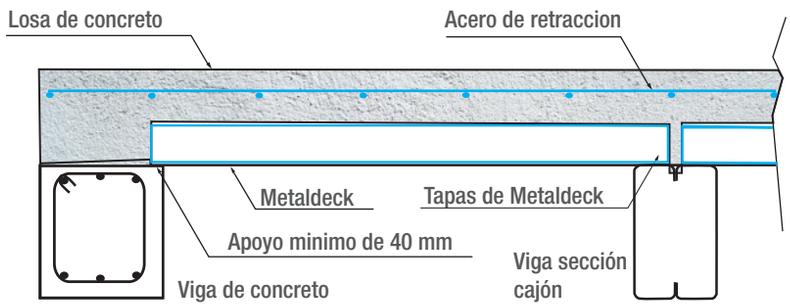


FIGURA 3.2 ESQUEMA DE APOYO DE LAS LÁMINAS DE METALDECK SOBRE LA VIGA

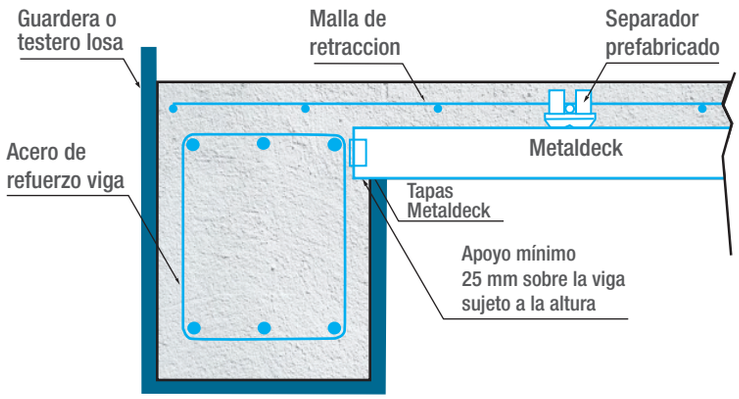


FIGURA 3.3 ESQUEMA TÍPICO DE FUNDICION MONOLÍTICA

3.1.6 LONGITUD DE APOYO

La longitud de apoyo del tablero sobre las vigas principales debe determinarse utilizando la carga de concreto fresco, el peso propio de la lámina METALDECK más una carga de construcción uniformemente distribuida de 20psf (1kPa)(ver figura 3 Apéndice 2) como regla general se recomienda utilizar una longitud de apoyo de por lo menos 40mm (1½ pulgadas) cuando el METALDECK se instale sobre la viga, la cual en general impedirá que el tablero se resbale de su apoyo. Esto aplica para una lámina de 0.75mm (calibre 22) de espesor mínimo. Si este espesor mínimo o la longitud de apoyo no se cumple por razones constructivas, deberán verificarse los esfuerzos en el alma de la lámina de METALDECK (ver AISI, Specification for the Desing Of Cold Formed Steel Structural Members, referencia 3). También debe utilizarse el procedimiento del AISI cuando se esperen reacciones de magnitud considerable.

Cuando se utiliza el sistema de fundición monolítico o semimonolítico (fundida de viga y losa simultáneamente), se recomienda utilizar una longitud mínima de apoyo del METALDECK sobre la viga de 25mm (1 pulgada) En estos casos críticos se recomienda sujetar convenientemente la lámina a la viga o elemento de apoyo para evitar el resbalamiento y el giro. (Véase la figura 3.2, la figura 3.3 y consultar el Capítulo 4 para el sistema y características de la fijación)

3.2 METALDECK Y CONCRETO COMO SECCIÓN COMPUESTA

3.2.1 GENERAL

Cuando el concreto alcanza su resistencia máxima, la sección transversal debe diseñarse como una losa de concreto reforzado, donde la lámina de METALDECK actúa como el refuerzo positivo. La adherencia lámina-concreto garantiza este comportamiento. La losa se diseñará como simplemente apoyada o continúa sobre los diferentes apoyos dependiendo de las restricciones en los mismos y la presencia de refuerzo (barras) adicional para lograr tal comportamiento. El sistema puede ser sometido a cargas uniformemente distribuidas o puntuales. Debe ser consideración especial en el diseño el hecho de tener cargas concentradas importantes, cargas dinámicas derivadas del uso de la estructura y cargas debido al funcionamiento de la losa como diafragma estructural en una edificación determinada.

3.2.2 HIPOTESIS DE ANALISIS

Las hipótesis de diseño con el sistema de entrepiso serán seleccionadas de acuerdo con lo siguiente:

Losa continua sobre apoyos múltiples y voladizos (Momentos negativos): Este comportamiento continuo sobre los apoyos se logra con la adición del refuerzo negativo correspondiente. Para el diseño por flexión para momentos negativos se seguirán los lineamientos establecidos por el NSR-10 (o en su defecto las especificaciones de la ACI). La lámina de METALDECK no será considerada como un refuerzo en compresión. Debido a las crestas del METALDECK se retira parte del área en compresión del concreto por lo que el diseñador deberá trabajar con un ancho equivalente para el diseño del refuerzo negativo. Este ancho puede ser tomado como el promedio entre el ancho inferior y superior de las crestas.

Para el caso de los voladizos la lámina actúa solo como una formaleta permanente, debe diseñarse el correspondiente refuerzo negativo.

Losa simplemente apoyada (Momentos positivos): En este caso la lámina METALDECK está en capacidad de trabajar como la totalidad del refuerzo positivo en la luz. Se asume que la losa se fisura sobre los apoyos, en su parte superior. Se recomienda colocar refuerzo nominal para el control de estas fisuras que podrían afectar estéticamente el sistema.

3.2.3 HIPÓTESIS DE CARGA

Las hipótesis de cargas que utilizadas para el diseño son tomadas del reglamento de construcción sismo resistente NSR-10 y son:

- Para estados de resistencia (basado en las especificaciones del AISI LRFD):

HIPÓTESIS DE CARGA
1.4D
1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr o G)
1.2D + 1.6 (Lr o G) + (1.0L o 0.5W)
1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5 (Lr o G)
1.2D + 1.0E + 1.0L
0.9D + 1.0W
0.9D + 1.0E

- Para esfuerzos de trabajo (esfuerzos admisibles)

HIPÓTESIS DE CARGA
D
D+L
D+W
D+0.7E
0.6D+W
0.6+0.7E

Donde:

D=Carga Muerta
E=Fuerzas sísmicas reducidas de diseño (E=Fs/R)
G=Carga debida al granizo
L=Cargas vivas
Lr=Carga viva sobre la cubierta
W=Carga de viento

El diseñador deberá utilizar la combinación más crítica, según aplique. En la gran mayoría de los casos, tanto para el diseño por estados límite o por esfuerzos de trabajo, en los sistemas de entrepiso la segunda hipótesis es la más importante. Para el caso de una luz simplemente apoyada, por el método de los estados límite se tiene que:

1.2D + 1.6L Hipótesis crítica para diseño
$M_u = (1.6L + 1.2D)L^2/8 \leq M_n$

Por esfuerzos de trabajo (tomando la misma hipótesis)
$M_{\text{calculado}} = (L + D)L^2/8 \leq M_{\text{admisible}}$

3.2.5 DEFLEXIONES

Para el cálculo de las deflexiones verticales del sistema de losa se utiliza la teoría elástica convencional. El área de concreto es transformada en acero equivalente para el cálculo de las propiedades de la sección transversal.

Tipo de elemento	Deflexión considerada	Deflexión límite
Cubiertas planas que no soportan o no están unidas a elementos estructurales que puedan ser dañados por deflexiones grandes.	Deflexión instantánea debido a carga viva	L/180
Losas que no soportan o están unidas a elementos no estructurales que puedan ser dañados por deflexiones grandes.	Deflexión instantánea	L/360
Cubiertas o losas que soportan o están unidas a elementos no estructurales susceptibles de daño debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que se presenta después de la unión a elementos no estructurales, o sea la suma de las deflexiones a largo plazo debido a cargas permanentes, más la instantánea debido a cualquier carga viva adicional	L/480
Cubiertas o losas que soportan o están unidas a elementos no estructurales que no puedan ser dañados por deflexiones grandes.		L/480

TABLA 3.1 DEFLEXIONES MÁXIMAS CALCULADAS PERMISIBLES

Las hipótesis de la aplicación de esta teoría son las siguientes:

1. Las secciones transversales planas antes de la flexión permanecen planas durante la flexión, lo que significa que las deformaciones unitarias longitudinales en el concreto y en el acero en cualquier sección transversal al tablero son proporcionales a la distancia de las fibras desde el eje neutro de la sección compuesta.
2. Para las cargas de servicio, los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones tanto para el concreto como para el acero.
3. Puede utilizarse la totalidad de la sección de acero excepto cuando ésta se ve reducida por huecos.
4. El momento de inercia utilizado en las operaciones se determina como el promedio entre el momento de inercia de la sección agrietada y el de la sección plena, sin fisuras.

Para el cálculo de la sección agrietada se asume que todo el concreto por debajo del eje neutro se encuentra agrietado. El módulo de elasticidad para el acero se toma como 203,000MPa (29,500ksi) y la relación modular de 11.

Las deflexiones verticales del sistema compuesto, calculadas con las cargas y propiedades establecidas y medidas con respeto al apoyo deben limitarse a lo registrado en la tabla 3.1 (especicaciones del NSR-10)

Adicional al cálculo de las deflexiones inmediatas deben determinarse las deflexiones a largo plazo. A menos que los valores se obtengan de un método más riguroso las deflexiones adicionales causadas por la retracción al fraguado y el flujo plástico (creep) deben determinarse multiplicando las deflexiones inmediatas causadas por la carga permanente considerada, por un coeficiente obtenido así:

$$\lambda = \frac{\varepsilon}{1+50\rho'}$$

Donde, ρ′ es el valor de la cuantía del refuerzo a compresión en el centro del vano para luces simplemente apoyadas o continuas, y en el apoyo para voladizos. Se recomiendan los siguientes valores del coeficiente, ε, de efectos a largo plazo, así:

5 años o más = 2.0
12 meses = 1.4
6 meses = 1.2
3 meses = 1.0

3.2.6 DISEÑO A FLEXIÓN - METODO DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES

El método por esfuerzos admisibles se basa en el es tablecimiento de un límite máximo que es alcanzado en el momento que se presenta la fluencia del acero de una sección transformada equivalente. La capacidad máxima por flexión de la sección se determina cuando la fibra inferior del acero alcanza el punto de fluencia. Este método resulta eficiente cuando no hay suficientes pernos de corte sobre la viga perpendicular a la dirección de la lámina de METALDECK o cuando solo existen este tipo de pernos en las vigas secundarias paralelas a la dirección de la lámina o simplemente, cuando no se considera en el diseño la acción compuesta de las vigas de soporte y el sistema METALDECK y por lo tanto no existen pernos de corte sobre las vigas. La eventual presencia de los pernos de corte en número suficiente sobre las vigas perpendiculares a la dirección del tablero garantizarían el no deslizamiento relativo entre el concreto y la lámina y permitirían llegar a la sección a su resistencia última (ver numeral 3.2.7)

La ecuación que define el momento resistente viene dada por:

$$M_{resistente} = C \times f_y S_{ic} \; ; \; M_{cs} + M_{pp} \leq M_{resistente}$$

Tomando C = 0.6 y reemplazando:

$$M_{resistente} = 0.6 f_y S_{ic} \; ; \; M_{cs} + M_{pp} \leq 0.6 f_y S_{ic} \; ;$$
$$M_{cs} \leq 0.6 f_y S_{ic} - M_{pp}$$

Donde:

$M_{resistente}$ = Momento resistente de la sección transversal (N.mm)
S_{ic} = módulo inferior de la sección transformada (mm^3) (composite section)
M_{pp} = Momento flector debido al peso propio (N.mm)
M_{cs} = Momento flector de las cargas sobreimpuestas (N.mm) Carga muerta sobreimpuesta más carga viva. Para vigas simplemente apoyadas el valor es igual a: $q_{cs} \times L^2 / 8$ donde q_{cs} es la carga por metro lineal sobreimpuesta.
f_y = Esfuerzo de fluencia en el acero (MPa)

En las ecuaciones anteriores se toma un valor para C=0.6, no teniendo en cuenta la presencia de conectores de cortante. Múltiples ensayos han mostrado, que con este método, puede utilizarse un incremento del 33% (C=1.33x0.6=0.80) para tener en cuenta la presencia de éstos conectores. Sin embargo, la utilización de este último factor podría, en algunos casos, arrojar resultados superiores que por el método de resistencia última. Se sugiere un valor C=0.75 como límite superior cuando se tiene en cuenta la presencia de los conectores de cortante con el método elástico. Las tablas presentadas en los apéndices toman un factor C=0.6. Las cargas temporales debido a la construcción, de los trabajadores y el equipo no deben ser incluidas dentro de la carga sobreimpuesta.

3.2.6.1 COMPRESIÓN EN EL CONCRETO

Puede hacerse un chequeo de verificación de los esfuerzos en el concreto. El esfuerzo máximo admisible debe limitarse a un máximo de 0.45 f'_c

$$\sigma_{calculado} \leq \sigma_{admisible} = 0.45 \times f'_c$$

$$\sigma_{calculado} = \frac{M_{cs} + M_{pp}}{S_{cc} N}$$

Donde:

$\sigma_{calculado}$ = Esfuerzo actuante calculado para el concreto (MPa)
S_{cc} = Modulo de la sección compuesto para la fibra superior del concreto (MPa)
N = Relación modular, E_s/E_c

Los demás términos se definen en la sección 3.2.6. Debido a la geometría de la sección ransversal y características de los materiales, esta condición prácticamente nunca será dominante.

3.2.7 DISEÑO A FLEXIÓN - METODO DE LA RESISTENCIA ÚLTIMA

El método de la resistencia última se basa en fluencia de la totalidad de la lámina de METALDECK (y no solo de la fibra más alejada como en el método anterior) por lo cual son aplicables las fórmulas tradicionales de diseño a la rotura (o resistencia última) para el concreto. El método es regulado por el título C del NSR-10 (o en su defecto las especicaciones del ACI). Para alcanzar la capacidad última a momento de la sección compuesta, se ha demostrado experimentalmente que se requiere un número suciente de conectores de cortante sobre la viga perpendicular a la dirección principal de la lámina (ver F.4.7.5.6.3 del NSR-10).

El tablero metálico METALDECK actuando en sistema compuesto es diseñado como el refuerzo para el tablero de concreto. Este viene a ser el refuerzo positivo en los diferentes vanos. La losa será diseñada como un sistema continuo o simple bajo cargas uniformemente distribuidas. Cargas altamente concentradas requieren un análisis adicional. Sin embargo, cabe aclarar que el método de diseño por resistencia ultima, descrito en este manual, no aplica a placas sin la presencia o con mínima presencia de conectores de cortante. En caso de no tener conectores de cortante para el sistema debe hacerse una verificación de resistencia por adherencia lámina-concreto (Ver numeral 3.2.9) o utilizar el método por esfuerzos admisibles (ver numeral 3.2.6)

Si el diseñador plantea un sistema continuo en los diferentes vanos debe proveer el refuerzo necesario para alcanzar tal comportamiento. Este será calculado utilizando las técnicas convencionales para diseño de concreto reforzado. La malla por temperatura usualmente no suple la cuantía necesaria para tal fin (Ver sección 2.5)

El momento nominal resistente, ϕM_{nx}, viene dado por:

$$\phi M_{nx} = 0.85 \times A_s \times f_y \left(d - a/2\right)$$

y

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

Donde:

A_s = Área de acero usada como refuerzo positivo, área de METALDECK (mm^2)
f_y = Fluencia del acero (40ksi = 275MPa para el METALDECK) (MPa)
d = Altura desde la parte superior de la losa de concreto hasta el centroide del refuerzo en tensión (mm)
a = Profundidad del bloque en compresión del concreto (mm)

La cuantía de acero, ρ, suministrada por la lámina METALDECK siempre es inferior a la cuantía de acero balanceada, $\rho_{balanceado}$ por lo cual se asume que siempre se llega a la fluencia del área total de acero en la parte inferior de la sección antes de alcanzar la resistencia máxima del bloque a compresión del concreto.

Los resultados de momento máximo por este método se limitan a los obtenidos para el calibre 18 (1.2mm) debido a la escasez de ensayos sobre el calibre 16 (1.5mm), acorde con las especificaciones del SDI (referencia 3)

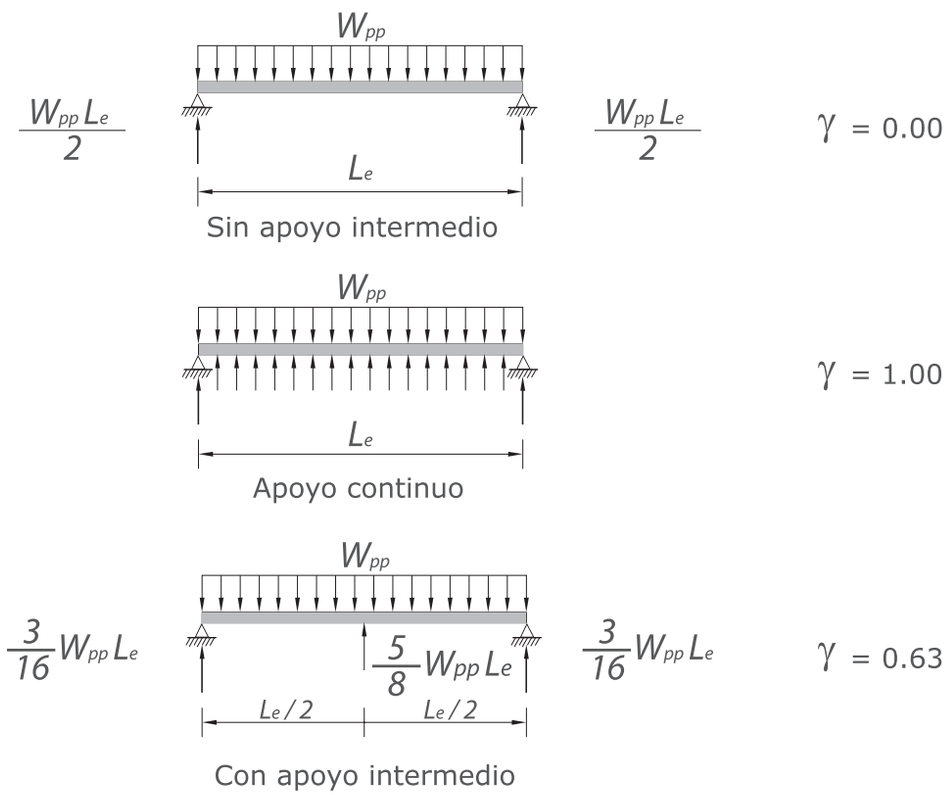


FIGURA 3.4 ESQUEMA DE APOYO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

3.2.8 RESISTENCIA DE ADHERENCIA A CORTANTE

En casos donde no existen conectores de cortante para garantizar que se alcance el momento último resistente (por teoría de resistencia última) o momento máximo admisible (por teoría elástica), en la sección transversal, el sistema puede fallar por adherencia entre la lámina y el concreto.

Los conectores situados en los apoyos de la losa crean la restricción suficiente para evitar el desplazamiento relativo entre la lámina de METALDECK y la losa de concreto y de esta manera la sección alcanza su máximo. Para determinar la capacidad del sistema bajo esta condición es necesario elaborar varias pruebas de laboratorio sobre diferentes especímenes. Los resaltes y la geometría del METALDECK tienen como objetivo mejorar la adherencia a cortante por medios mecánicos, efecto que va a sumarse a la adherencia propia entre los dos materiales.

La resistencia de adherencia a cortante se trabaja con esfuerzo último y se verifica mediante la siguiente ecuación:

$$\upsilon_u = \phi \upsilon_n$$

Donde:

υ_u = Esfuerzo cortante de adherencia último actuante (MPa)

$$\upsilon_u = \frac{V_u}{bd}$$

υ_n = esfuerzo cortante de adherencia nominal resistente (MPa)

ϕ = Factor de reducción de resistencia al corte por adherencia, ϕ = 0.80

$$V_u = \gamma \frac{W_{upp} b}{2 \times 1000} L_e + \frac{W_{ucs} b}{2 \times 1000} L_e$$

V_u = Fuerza cortante última (N)

b = Ancho de análisis. Normalmente se toman losas de ancho 1000mm (1.00m)

d = Altura desde la parte superior de la losa de concreto hasta el centroide del refuerzo en tensión (mm)

γ = Factor de carga por tipos de apoyo durante la construcción, se determina de acuerdo con la figura 3.4

W_{upp} = Carga última producida por el peso propio de la losa (peso propio de la lámina y peso propio del concreto) (MPa)

W_{ucs} = Carga última producida por la carga sobreimpuesta (MPa)

L_e = Longitud de la luz libre (mm)

Por otro lado, $\upsilon_n = \frac{V_n}{bd}$

y

$$V_n = \left(0.3162k\sqrt{f'_c} + \frac{m\rho d}{l'}\right)bd$$

Donde:

V_n = Fuerza cortante de adherencia nominal resistente (N)

k, m = Constantes determinadas experimentalmente

b = Ancho de análisis. Normalmente se toma un ancho de 1000mm.

d = Altura desde la parte superior de la losa de concreto hasta el centroide del refuerzo en tensión (mm)

$\rho = \frac{A_s}{bd}$, cuantía de acero de refuerzo dada como la relación entre el área de la sección transversal de la lámina METALDECK y el área efectiva del concreto

l' = Distancia de la carga concentrada al apoyo más cercano en el ensayo de dos cargas concentradas simétricas (mm) Con base en los ensayos realizados con tableros de acero producidos en la Planta de ACESCO en Barranquilla – Colombia, y con materiales y técnicas nacionales se encuentra la siguiente ecuación (ver apéndice 3 – Resultados Típicos de Ensayos de Adherencia a Cortante) que se representa además en la Figura 3.5.

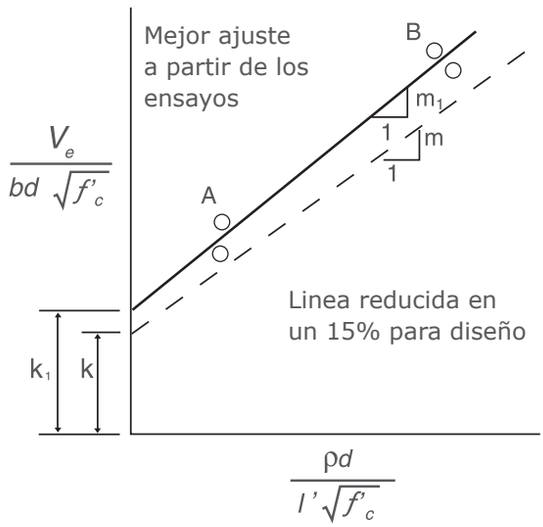


FIGURA 3.5 RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO POR FALLAS DE ADHERENCIA A CORTANTE

$$\frac{V_e}{0.3162bd\sqrt{f'_c}} = k + m\frac{\rho d}{0.3162\sqrt{f'_c}}$$

con:

k = Resultado de los ensayos, cruce en las ordenadas

m = Resultado de los ensayos, pendiente de la recta de regresión lineal

Donde:

V_e = Reacción en el extremo medida en el ensayo en el momento de la falla (N)

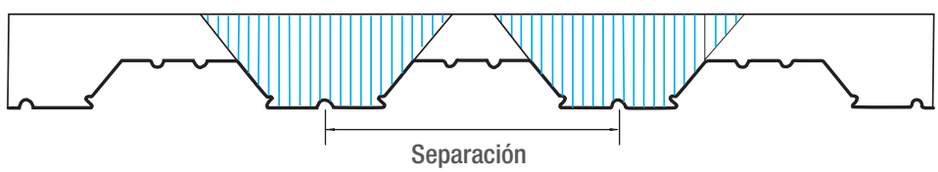
b = Ancho de análisis. Normalmente se toma un ancho de 1000mm.

d = Altura desde la parte superior de la losa de concreto hasta el centroide del refuerzo en tensión (mm)

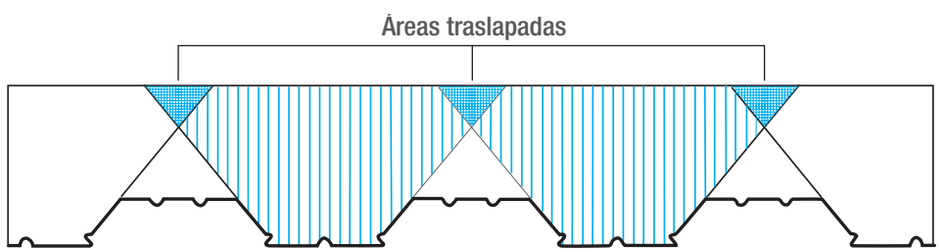
f'_c = Resistencia a la compresión especificada para el concreto (MPa)

l' = Distancia de la carga concentrada al apoyo más cercano en el ensayo de dos cargas concentradas simétricas (mm),

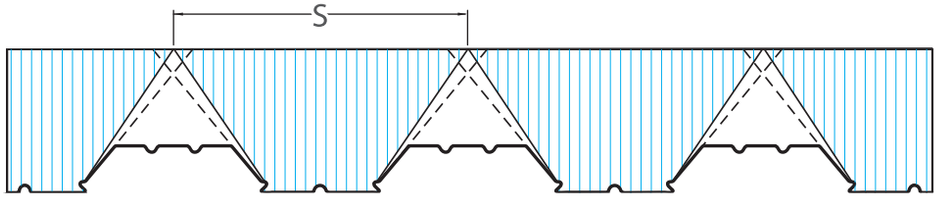
$\rho = \frac{A_s}{bd}$ cuantía de acero de refuerzo dada como la relación entre el área de la sección transversal de la lámina METALDECK y el área efectiva del concreto.



las áreas sombreadas representan
las areas disponibles para resistir el cortante



Si las áreas de corte se traslapan



Se ajusta el área calculando la forma en la cual la dimensión en la parte superior no exceda la separacion ,S, indicada en (a)

FIGURA 3.6 CALCULO DEL AREA DE CONCRETO DISPONIBLE PARA EL CORTANTE

3.2.9 ESFUERZOS CORTANTES EN LA SECCIÓN COMPUESTA

Se revisa la capacidad a cortante de la sección compuesta entre la lámina METALDECK y el concreto. Se utiliza la siguiente relación para el chequeo:

$$\phi\upsilon_n = \phi\upsilon_{concreto} + \phi\upsilon_{ny};\ \phi\upsilon_n \le 2\times\phi\upsilon_{concreto}$$

En términos de fuerza:

$$\phi V_n = \phi V_{concreto} + \phi V_{ny}$$

Donde:

$\phi\upsilon_n$ = Resistencia nominal de la sección a corte (MPa)
$\phi\upsilon_{concreto}$ = Resistencia al cortante aportada por el concreto (MPa)
$\phi\upsilon_{ny}$ = Resistencia aportada por la lámina METALDECK (MPa) (ver apéndice 1) además,

$$\phi V_{concreto} = 0.85\times\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\times A_c;\ \sqrt{f'_c} \le 8.3MPa$$

(Sección F.4.7.5.7 del NSR-10)

$$\phi V_n = V_u = 1.2V_{DL} + 1.6V_{LL}$$

Reemplazando:

$$1.2V_{DL} + 1.6V_{LL} = 0.85\times\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\times A_c + \phi V_{ny};$$

$$1.6V_{LL} = 0.85\times\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\times A_c + \phi V_{ny} - 1.2V_{DL}$$

$$V_{LL} = 0.0885\times\sqrt{f'_c}\times A_c + 0.625\times\phi V_{ny} - 0.75\times V_{DL}$$

$$\frac{q_{LL}\times L}{2} = 0.0885\times\sqrt{f'_c}\times A_c + 0.625\times\phi V_{ny} - 0.75\times\frac{q_{DL}\times L}{2}$$

$$q_{LL} = \frac{0.1771\times\sqrt{f'_c}\times A_c + 1.25\times\phi V_{ny} - 0.75\times q_{DL}\times L}{L}$$

Adicionalmente:

$$w_{LL} = q_{LL} \div b$$

Donde:

f'_c = Resistencia a la compresión especificada para el concreto (MPa)
A_c = Área de concreto disponible para cortante (mm2) (Ver apéndice 1) (figura 3.6)
ϕV_{ny} = Cortante resistente de la lámina METALDECK (N) (Ver apéndice 1)
q_{DL} = Carga muerta por unidad de longitud, incluye peso propio (N/mm)
q_{LL} = Carga viva por unidad de longitud (N/mm)
L = Longitud de la luz libre (mm)
w_{LL} = Carga por unidad de área (MPa)
b = Ancho de análisis. Normalmente se toman losas de ancho 1000mm

3.3 TABLAS DE AYUDA PARA DISEÑO Y EJEMPLOS DE DISEÑO

En el Apéndice 4-Tablas de Ayuda de Diseño, se presentan unas tablas de resumen donde se especifican, las propiedades básicas de los materiales, las propiedades de las secciones de las láminas de METALDECK, las propiedades de la sección compuesta para seis espesores totales de losa y la carga total sobreimpuesta que puede aplicarse para diferentes luces libres.

Además se indican los límites de luz libre a partir de los cuales se requiere la colocación de apuntalamiento temporal durante la construcción y el límite de longitud de luz recomendado para minimizar vibraciones. Se presentan tablas de ayuda para diseño con láminas de 2" y 3" de altura y para calibres 16, 18, 20 y 22. Los cálculos se realizan para una relación modular N = 11, y para las propiedades de los materiales indicados. Debe hacerse énfasis que estas tablas conforman una guía para el diseño y que en ningún caso deben utilizarse como elementos definitivos de diseño.

El valor de carga sobreimpuesta admisible que se presenta en las tablas se ha calculado con base en los requisitos de deflexiones admisible, esfuerzo admisibles en el acero para efectos de flexión, esfuerzo admisible de compresión en el concreto, cortante en la sección compuesta y resistencia de adherencia a cortante. Esta carga sobreimpuesta siempre se considera uniformemente distribuida y para casos especiales o concentraciones elevadas de carga debe hacerse un análisis específico. Tampoco se incluye ningún efecto especial como los mencionados en el numeral siguiente y no se contempla el diseño por el método de resistencia última.

El Apéndice 5, Ejemplo de Diseño, incluye un procedimiento ilustrativo a seguir en el diseño de METALDECK. Como opción se plantean las Tablas de Ayuda para Diseño.

3.4 FUNCIONAMIENTO COMO DIAFRAGMA

Las losas construidas con METALDECK pueden utilizarse como diafragma de piso que consiste básicamente en sistemas estructurales planos que tienen como objetivo principal distribuir las cargas horizontales, generadas por efectos de viento o de sismo, a los elementos estructurales de soporte que hacen parte de un sistema de pórticos o de un sistema basado en muros estructurales. Pueden considerase dos puntos de vista diferentes que son:

1. Utilizar como diafragma las láminas de acero solas, sin el vaciado en concreto.
2. Utilizar como diafragma la losa completa (Lámina de METALDECK más el concreto) con la consideración adicional de "diafragma rígido" en el plano utilizado comúnmente para distribución de fuerzas horizontales a elementos de soporte.

En la primera de las alternativas se utilizan las láminas de METALDECK solas o con ciertos acabados tales como láminas sintéticas que sirven de acabado de piso, interconectado entre sí de manera adecuada, para cumplir la función de diafragma. Este es el caso de aplicaciones en ciertos tipos de vivienda o de utilización del sistema como diafragma temporal durante la construcción de edificaciones particulares. En este caso es necesario revisar en detalle las conexiones entre las diferentes láminas, las conexiones del tablero de acero a la estructura de soporte, la resistencia del diafragma a las fuerzas cortantes actuantes en el mismo y la rigidez del diafragma de lo cual depende la

distribución de las fuerzas a los elementos de soporte.

El diseño detallado de este tipo de sistema está por fuera del alcance de este manual y puede consultarse por ejemplo en la referencia 5. Por otro lado está la utilización de la losa compuesta con METALDECK como "diafragma rígido" que es el criterio convencional utilizado en sistemas de losas equivalentes, generalmente cuando se trata de losas de concreto reforzado fundidas en el sitio y adecuadamente rigidizadas y conectadas al sistema estructural de soporte.

Al utilizar la losa compuesta como diafragma, el concreto que rellena los pliegues de la lámina de acero elimina la posibilidad de pandeos locales y pandeo en las esquinas. Sin la posibilidad de pandeos locales en la lámina, el sistema resulta adecuado para transmitir fuerzas cortantes generadas por las fuerzas horizontales. Es necesario entonces diseñar cuidadosamente la conexión del diafragma al sistema estructural de soporte para garantizar una adecuada transmisión de las fuerzas cortantes generadas.

El diseño del espaciamiento de los conectores a utilizar depende de la resistencia al corte de conector y del flujo de corte último o fuerza cortante última por unidad de longitud, calculada a partir del análisis de fuerzas.

La fórmula para el cálculo del espaciamiento promedio de conectores es la siguiente:

$$e = \frac{Q_f}{S_u} \leq 800mm$$

Donde:

e = Espaciamiento de diseño promedio para los conectores (mm)
Q_f = Resistencia al corte de los conectores (N)
S_u = S x FS, Fuerza cortante última por unidad de longitud (N/mm)
S = Flujo de corte o fuerza cortante promedio por unidad de longitud determinada para diseño (N/mm)
FS = Factor de seguridad = 3.25
(véase la referencia 17)

Todo sistema de conexión, tales como soldaduras de punto o en cordón, tornillos, anclajes, remaches o cualquier tipo de sujeción proporcionará una resistencia al corte Q_f determinada, la cual ante la falta de datos proporcionados por el fabricante deberá investigarse experimentalmente. Algunas recomendaciones dadas están en la referencia 19.

En casos particulares deberá revisarse la capacidad del diafragma para transmitir las fuerzas generadas, también deberá considerarse la flexibilidad del mismo en la distribución de las fuerzas a los elementos de soporte.

En el caso de conexiones a estructuras de concreto deberá despreciarse normalmente la posible transferencia de corte que se presenta en eventuales áreas de contacto entre el concreto de la losa y el concreto de los elementos de soporte. Deberá disponerse de un sistema de conexión mecánico (pernos, varillas, anclajes o similar) que permita la transferencia de la totalidad de la fuerza de corte mayorada generada por las cargas horizontales de diseño.

3.5 CONSIDERACIONES ADICIONALES

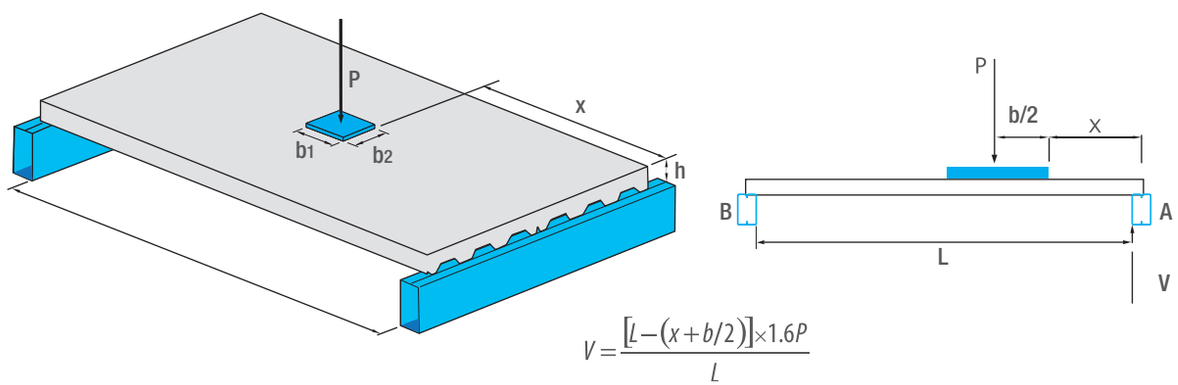
Deben contemplarse aspectos adicionales a los anteriores en condiciones especiales de carga o de apoyo como son las siguientes:

3.5.1 CARGAS CONCENTRADAS

Para el caso de cargas concentradas de gran magnitud, que podrían ser aquellas por encima de 10kN, debe considerarse en el diseño la posibilidad de punzonamiento, el cortante vertical directo y el momento flector que produce la carga concentrada. En general podrían admitirse cargas superiores a 10kN, siempre y cuando se cumplan los siguientes requisitos:

a. Debe colocarse acero de distribución en la dirección perpendicular a la dirección de la lámina de METALDECK en una cuantía no inferior al 0.2% del área de concreto por encima de la cresta de la lámina.
b. Debe colocarse el acero negativo correspondiente a los momentos negativos existentes, y los generados por la carga concentrada.
c. Debe existir suficiente espesor de concreto para resistir las fuerzas cortantes actuantes, tanto de punzonamiento como por efecto de viga.
d. La lámina de METALDECK de acero no se considera en el cálculo de la resistencia a momento negativo.
e. La lámina de METALDECK de acero se utiliza únicamente para resistir los momentos positivos.
f. Deben utilizarse barras de acero corrugado o mallas electrosoldadas de acero para conformar el refuerzo negativo de la losa. No se permite el uso de aditivos como fibras u otros materiales, que pretendan reemplazar este refuerzo.

Para mayores detalles en el diseño ante cargas concentradas de importancia puede consultarse la referencia 17.



$$V = \frac{[L-(x+b/2)]\times 1.6P}{L}$$

FIGURAS 3.7 CARGAS CONCENTRADAS

Espesor total losa (mm)	Metaldeck 2" A_c (mm² / mm)	Metaldeck " A_c (mm² / mm)
100	62.94	---
110	71.72	---
120	80.95	---
130	90.64	74.23
140	100.63	81.97
150	110.63	90.00

TABLA 3.2 ÁREA DE CONCRETO DISPONIBLE PARA CORTANTE

3.5.1.1 CARGAS DE 100KN (1000kgf) O INFERIORES

Las cargas de 10kN o inferiores se consideran bajas y representan cargas ocasionales que pueden presentarse en pisos de oficinas o áreas de manufacturas.

Los códigos como el BOCA, SBCCI y el UBC citan las cargas de 10kN o inferiores que actúan en áreas de 250.000mm2 (o menores) y establecen que se pueden seguir los siguientes procedimientos para el chequeo de esfuerzos.

a. Esfuerzo cortante por punzonamiento: La carga se encuentra limitada a:

$$\frac{P}{2\left(b_1+b_2+2\times t_c\right)t_c} \le 0.0920\sqrt{f'_c}$$

P = Carga concentrada (N)
b_1 = Dimensión paralela al Metaldeck (mm)
b_2 = Dimensión perpendicular a la luz del Metaldeck (mm)
t_c = Espesor de concreto sobre la cresta del Metaldeck (mm)
f'_c = Resistencia a la compresión del concreto (MPa)

Debe tenerse en cuenta que las unidades resultantes en cada lado de la ecuación son en MPa

b. Cortante vertival: El esfuerzo cortante vertical V, que actúa en una sección paralela al apoyo y sobre un ancho efectivo b_e, debe calcularse a partir del valor más pequeño entre las siguientes dos relaciones:

$$b_e = b_2 + 11h\left(\frac{t_c}{d}\right)^3 \quad \text{y} \quad b_e = b_2 + \left(\frac{4}{3}\right)x$$

Espesor total de la losa (mm)
h = Espesor de concreto sobre la cresta del METALDECK (mm)
t_c = Profundidad efectiva del METALDECK (mm)

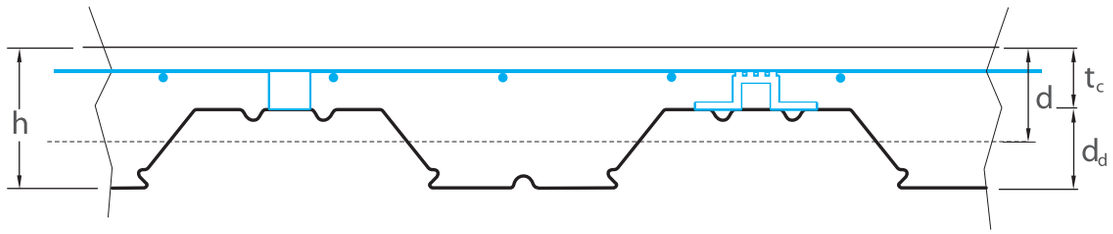


FIGURA 3.8

$d = t_c + 25.4mm$ METALDECK 2"
$d = t_c + 38.1mm$ METALDECK 3"
χ = Distancia entre el apoyo y la carga concentrada (mm) El cortante vertical producido por una carga de diseño P, se

$$\frac{1000V}{b_e \times A_c} \leq 0.0933\sqrt{f'_c}$$

encuentra limitado a:
V = Cortante Vertical (N)
b_e = Ancho efectivo (mm)
A_c = Área de concreto disponible para resistir el cortante por unidad de ancho (mm) Usualmente se toma un ancho de análisis de 1000mm

La tabla 3.2 muestra el área de concreto que puede ser utilizada para los cálculos de la resistencia al cortante. Estos valores deben multiplicarse por 1000 para el análisis de losa de ancho 1.00m (1000mm) Para cargas móviles el cortante máximo se puede chequear con x = h; el mínimo valor "x" no debe ser menor que el espesor del concreto h.

c. Distribución a flexión: La distribución a flexión debe ser calculada usando el menor valor obtenido de las siguientes ecuaciones:

$$b_e = b_2 + 11h\left(\frac{t_c}{d}\right)^3 \text{ y } b_e = b_2 + \left(\frac{4}{3}\right)x$$

Pero debe cumplirse que:

$$b_e \leq b_2 + L\left(\frac{2}{3}\right)$$

3.5.1.2 CARGAS MAYORES A 10KN (1000kgf)

Deben realizarse los mismos procedimientos y chequeos enunciados anteriormente para esfuerzo cortante por punzonamiento y cortante vertical; donde la distribución de cargas se debe realizar de la siguiente forma:

El ancho efectivo de la carga b_m esta dado por:

$$b_m = b_2 + 2t_c + 2t_t$$

b_m = Ancho efectivo de carga

Referencia	Desarrollo, *L* (mm)	L - L web/2 Lbf (mm)
Metaldeck 2"	1250.0	641.7
Metaldeck 3"	1416.7	733.3

TABLA 3.3 DETERMINACIÓN DE LONGITUDES DE ÁREAS PARA CONECTORES DE CORTANTE

sobre crestas METALDECK (mm)
t_t = Ancho de acabado (mm) de no poseer =0
b_2 = Dimensión perpendicular a luz del METALDECK (mm)
t_c = Espesor de concreto sobre la cresta del METALDECK (mm)

El ancho efectivo de la losa esta dada por:

Luz Simple: $$b_e = b_m + 2x\left(1 - \frac{x}{L}\right)$$

Luz Continua: $$b_e = b_m + \frac{4x}{3}\left(1 - \frac{x}{L}\right)$$

Cortante: $$b_e = b_m + x\left(1 - \frac{x}{L}\right)$$

3.5.1.3 CONECTORES DE CORTANTE PARA ALCANCE DE LA RESISTENCIA ÚLTIMA

Diferentes pruebas realizadas en las universidades de Virginia Tech, Virginia University, Iowa State, and Lehigh University demostraron que cuando una viga posee suficiente número de conectores de corte, la capacidad de momento último del Metaldeck puede ser alcanzada.

Las formulas tradicionales para esfuerzos últimos de una sección de concreto reforzado pueden ser empleadas de la siguiente forma:

$$\phi M_n = 0.85 A_s f_y (d - a/2)$$
$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

Donde:

A_s = Área de acero del Metaldeck (mm²)
f_y = Esfuerzo de Fluencia (40ksi) (275Mpa)
d = Distancia desde la fibra superior de concreto al centroide del Metaldeck (mm)

$$M_u = \frac{(1.6 q_L + 1.2 q_D) \times L^2}{8}$$

Donde:
q_L = Carga Viva (N/mm)
q_D = Carga Muerta (N/mm)
L = Luz libre (mm)

El número de pernos de cortante por metro (1,000mm) de ¾" de diámetro requeridos para anclaje del tablero en comportamiento compuesto de tal forma que pueda alcanzarse el momento último en la sección transversal viene dado por la siguiente ecuación:

$$N_s = f_y (A_s - A_{web}/2 - A_{bf}) / (142.5804 (f'_c E_c)^{1/2})$$

Donde:

N_s = Número de pernos de cortante de ¾" requerido por metro
A_s=Área de acero por metro de ancho (mm²/m)
A_{web} = Área de alma por metro de ancho (mm²/m)
A_{bf} = Área del ala inferior del METALDECK por metro de ancho (mm²/m)
f_y = Fluencia del METALDECK (MPa) (275MPa)
f'_c = Resistencia del concreto (MPa) (21MPa)
E_s = Módulo de elasticidad del acero (203,000MPa)

El denominador de la anterior ecuación corresponde a la ecuación I5-1 del manual AISC LRFD utilizando pernos de cortante de ¾" de diámetro.

La tabla 3.3 es tomada del COMPOSITE DECK DESIGN HANDBOOK (referencia 15) y muestra las longitudes para el cálculo de las áreas de acero por metro para la ecuación que

define N_s , donde A_s=*L x t, "t"* es el espesor del material y *"L"* es la longitud de desarrollo por metro de ancho del METALDECK

La resistencia de diseño de los conectores de cortante se tabulan en el apéndice 6.

3.5.2 SECCIONES COMPUESTAS CON VIGAS DE APOYO

Para la consideración especial de secciones compuestas entre vigas metálicas de soporte y la losa con METALDECK pueden consultarse cualquiera de las referencias 5, 6 y 13 donde se trata ampliamente el tema. Para el caso en que se desee integrar una viga de concreto reforzado de soporte al sistema mismo METALDECK para conformar una sola sección (Viga "T") puede consultarse igualmente la referencia 12 y el manual técnico de perfiles estructurales ACESCO.

3.5.3 VIBRACIONES AMBIENTALES Y CARGAS DINÁMICAS

El desarrollo de las grandes ciudades impone situaciones particularmente críticas en cuanto a vibraciones se refiere y que deben considerarse en el diseño de cualquier tipo de entrepiso. Se tiene el caso de edificaciones de luces intermedias o grandes ubicadas en cercanías de una fuente importante de vibraciones ambientales y cimentadas superficialmente sobre suelos blandos.

La cercanía a fuentes importantes de vibraciones como pueden ser vías de alto tráfico o tráfico pesado ocasional, canteras en explotación, aeropuertos, obras de pilotaje o compactación dinámica cercana y en general cualquier tipo de trabajo o actividad que genere vibraciones es un aspecto que debe considerarse en el diseño del entrepiso.

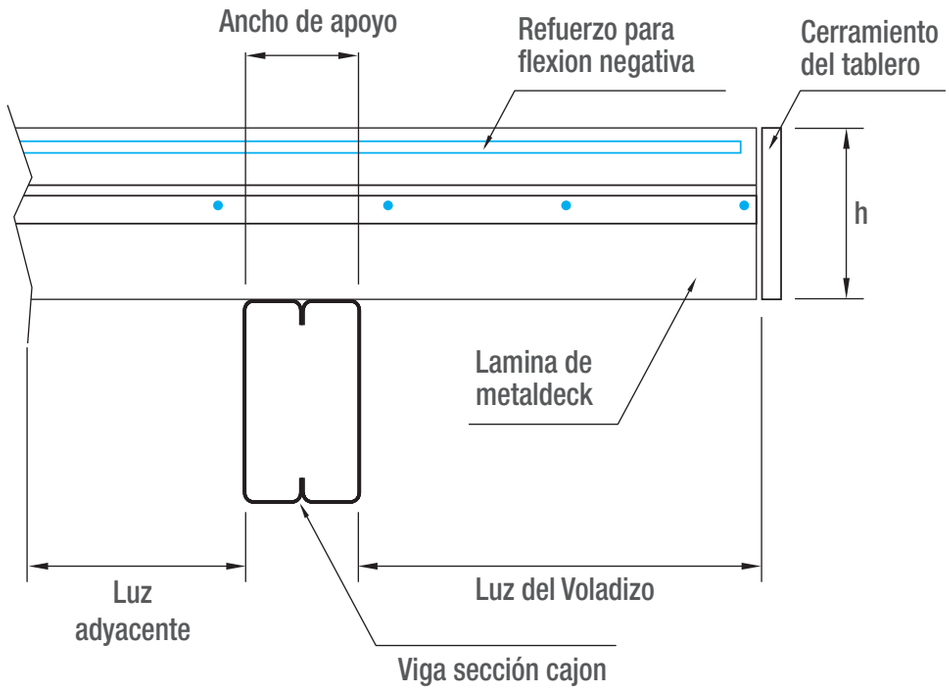


FIGURA 3.9 SISTEMA METALDECK EN VOLADIZO

En general el problema se vuelve crítico en zonas de suelos blandos los cuales tienden a amplificar las señales ondulatorias que llegan. Aún en ciertos casos particulares el solo hecho de cimentar la edificación sobre un suelo blando implica que ésta va a estar sometida a la presencia de vibraciones ambientales, provenientes incluso de fuentes lejanas, lo cual puede llegar a producir molestias e incomodidades a los ocupantes de la edificación.

Aunque el problema es difícil de cuantificar, en los casos en que sea probable la ocurrencia del fenómeno se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Minimizar las luces libres máximas entre elementos de apoyo, tanto desde el punto de vista de la estructura de soporte como desde el punto de la placa misma.
2. Mantener la siguiente relación de las placas de entrepiso:

Donde:

L_e = Longitud de la luz libre (mm)
h = Espesor nominal total de la losa (mm)

$$\frac{L_e}{h} \leq 25$$

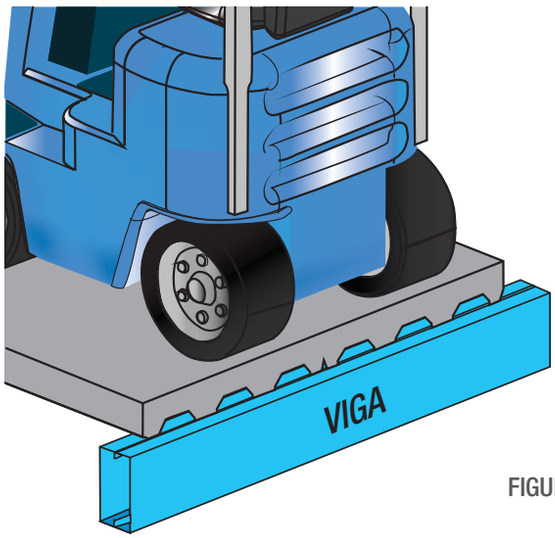


FIGURA 3.10 ESTRUCTURA DE PARQUEO

En algunos casos particulares esta relación deberá ser aún más exigente.

3. Tratar de considerar en el diseño la posibilidad de cimentaciones profundas. Por otro lado la aplicación de cargas dinámicas durante lapsos prolongados como es el caso de motores, equipos para izaje, etc, interfieren con la adherencia mecánica entre el concreto y la lámina que es lo que proporciona en últimas la capacidad de acción compuesta lámina-concreto. En algunos casos se ha utilizado acero de refuerzo en la dirección perpendicular a la luz y colocado (incluso mediante soldadura), en la parte superior de los nervios de la lámina colaborante tanto para mejorar la adherencia entre los dos materiales como para distribuir de mejor manera las cargas concentradas actuantes.

3.5.4 VOLADIZOS

Para el diseño de voladizos, la lámina de METALDECK debe considerarse únicamente como formaleta permanente para el concreto y deberá disponerse el refuerzo negativo (en la parte superior de la losa) para que este absorba la totalidad del momento flector del voladizo (véase la Figura 3.9) El ingeniero estructural deberá dar el detalle de la posición y diámetro de las varillas de refuerzo.

3.5.5 ESTRUCTURA DE PARQUEO

El sistema de losa compuesta con lámina de METALDECK de acero se ha utilizado con éxito en muchas estructuras de parqueo en países como los Estados Unidos. Sin embargo se hacen las siguientes recomendaciones especificas:

- Las losas deben diseñarse como losa de luces continuas y deberá disponerse para efecto el refuerzo de flexión negativo en los apoyos.
- Debe proporcionarse refuerzos adicionales al recomendado en el presente manual para minimizar el agrietamiento producido por problema de retracción de flujo plástico y cambios de temperatura, y para garantizar una mejor distribución de las cargas concentradas.

3.5.6 PROTECCIÓN DE LA LÁMINA

La Lámina de METALDECK viene protegida con una capa de zinc que conforma el galvanizado y que la protege de la intemperie y de los efectos normales del clima y del ambiente. Sin embargo, cuando se presentan situaciones de contaminación directa, efectos de climas adversos, ambientes marinos muy agresivos o cualquier situación extraordinaria que pueda generar el deterioro de la lámina de acero, deben tomarse las precauciones necesarias para proteger el elemento durante toda la vida útil de la estructura. En el caso que no pueda garantizarse estas medidas de protección, la lámina de METALDECK deberá utilizarse únicamente como formaleta y la losa de concreto se reforzará adecuadamente con mallas o barras de acero para soportar la totalidad de las cargas actuantes. El recubrimiento mínimo manejado para el METALDECK es G-60 (Z180) (180gr/m2 de zinc por ambas caras).

3.5.7 RESISTENCIA AL FUEGO

El NSR-10 especifica los requerimientos para la resistencia al fuego de elementos de una edificación en función del uso de la edificación, área construida y número de pisos. También se puede considerar el potencial combustible para efectos de categorizar una edificación.

En general la resistencia al fuego puede ser definida como el periodo de tiempo en que un edificio o componentes de este mantienen su función estructural o dan la posibilidad de confinar el fuego, medido como el tiempo que resiste un material expuesto directamente al fuego sin producir llamas, gases tóxicos ni deformaciones excesivas.

Existen diferentes métodos para brindar la resistencia al fuego exigida entre los cuales están aumentar el espesor de concreto de la losa por encima de la cresta del METALDECK, uso de cielos falsos en panel yeso y uso productos adheridos para protección contra el fuego. El sistema para entrepiso METALDECK y en especial la lámina colaborante a que hace referencia este manual, ha sido sometido a

Duración horas	Cubierta concreto t_e	Se requiere protección contra fuego
2	4.5” (115mm)	NO
2	2.5” (65mm)	SI
3	2.5” (65mm)	SI
3	5.25” (135mm)	NO

TABLA 3.4 ESPESORES DE CONCRETO SOBRE LA CRESTA PARA DURACIÓN ANTE FUEGO

ensayos para estudiar su resistencia al fuego por el “Underwriters Laboratories Inc.” de Estados Unidos. El sistema hace parte del “Fire Resistance Directory” en el cual se consignan las resistencias al fuego establecidas para diferentes diseños de entrepisos y cubiertas, incluyendo los esquemas más populares y económicos como es el METALDECK.

La tabla 3.4 relaciona la duración horaria ante el fuego con espesores de concreto de peso normal sobre la cresta del METALDECK. La información es tomada del Fire Resistance Directory publicada por Underwriters Laboratories, inc (referencia 24). En la guía publicada por el UL se establecen duraciones en horas de sistemas de pisos restringidos y no-restringidos. Para la gran mayoría de los casos el sistema METALDECK se considera restringido.

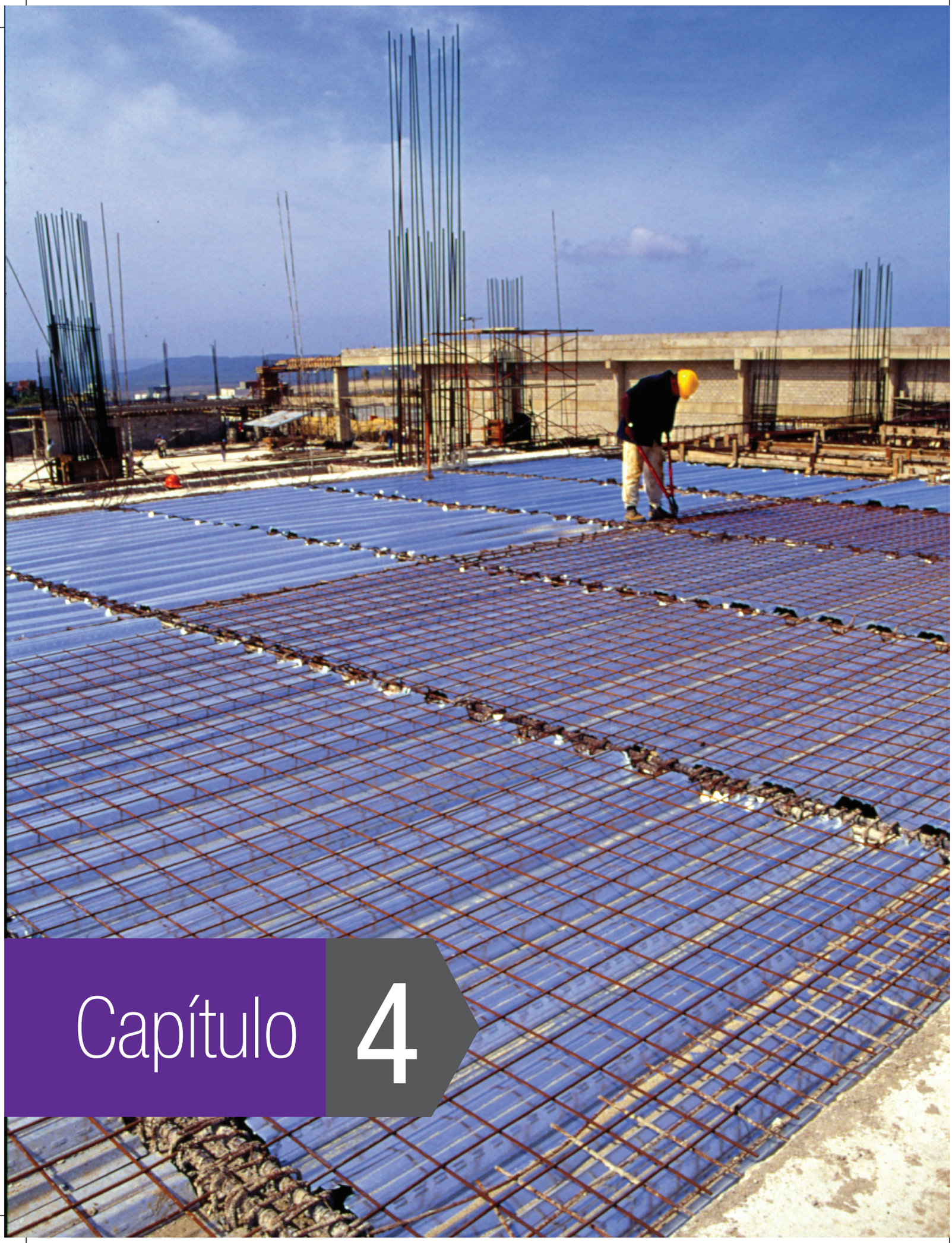
3.5.8 FIBRA DE METALDECK

La lámina de METALDECK puede utilizarse sin consideración de la sección compuesta (Non-Composite Steel Floor Deck) para conformar una plataforma de trabajo temporal o permanente. Para este caso no se considera la acción compuesta lámina-concreto.

Esta plataforma estará sometida a tráfico de diferente tipo (personal, carretillas, maquinarias, etc) y podrá soportar diferentes tipos de carga transitorias o permanentes. Para esta aplicación específica se requieren, normalmente, consideraciones especiales de diseño, algunas de las cuales se plantean en el capítulo siguiente. Se recomiendan cargas de diseño del orden de 50psf (2.4kPa) para plataformas en entrepisos y de 30psf (1.5kPa) para plataformas en cubiertas. También se hacen recomendaciones sobre las luces máximas y sobre protecciones especiales que deben tenerse en cuenta.

3.5.9 OTROS CRITERIOS

Existe gran variedad de usos del sistema METALDECK diferente a la losa en construcción compuesta con el concreto. En estos casos los análisis y fórmulas presentadas pueden no ser validas y aparecen nuevos criterios de diseño que deben ser considerados de manera adicional a lo que se presenta en este manual. En estos casos se recomienda la revisión de la literatura existente, la consideración de condiciones especiales en el diseño y la reaización de un programa experimental para estudiar aspectos particulares referentes a la utilización especial que se desee dar a las láminas colaborantes del sistema METALDECK.



Capítulo 4

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

4.1 MANEJO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA METALDECK

4.1.1 EMPAQUE, TRANSPORTE, RECEPCIÓN Y DESCARGUE

Los paquetes de láminas de METALDECK se arman con elementos de igual calibre y referencia, especificando cada longitud con una tarjeta diferente. En la medida que se prevea un ordenamiento de las láminas, por ejemplo por pisos de la edificación, los paquetes serán entregados previamente identificados. Los paquetes se conforman máximo por 25 unidades, apilados en grupos de a cuatro.

Las láminas de METALDECK se agrupan en paquetes que pueden llegar a pesar del orden de 20kN a 35kN (2.0ton a 3.5ton) En caso de requerirse pesos diferentes para el manejo en obra debe especificarse claramente en la orden de pedido. Cada paquete de láminas irá identificada con una marca en tinta indeleble que indica el tipo de producto, calibre, espesor (mm), grado del material (Grado 40) y el correcto lado de instalación. Los paquetes de láminas se colocaran sobre estibas dispuestas en el piso del planchón del camión de tal manera que no se flecten ni deformen.

Para la entrega del material debe disponerse de un acceso adecuado a la obra y se debe contar con personal entrenado para el manejo de las láminas. El acceso debe ser adecuado para soportar el equipo de izaje y el camión de transporte. El equipo de izaje debe ser adecuado para levantar los paquetes de láminas y colocarlos en la estructura en el sitio previsto.

Todo el material debe contarse e inventariarse en el momento de la recepción. Cualquier diferencia debe indicarse claramente en la remisión para su posterior revisión. Debe notificarse cualquier diferencia de manera inmediata al distribuidor.

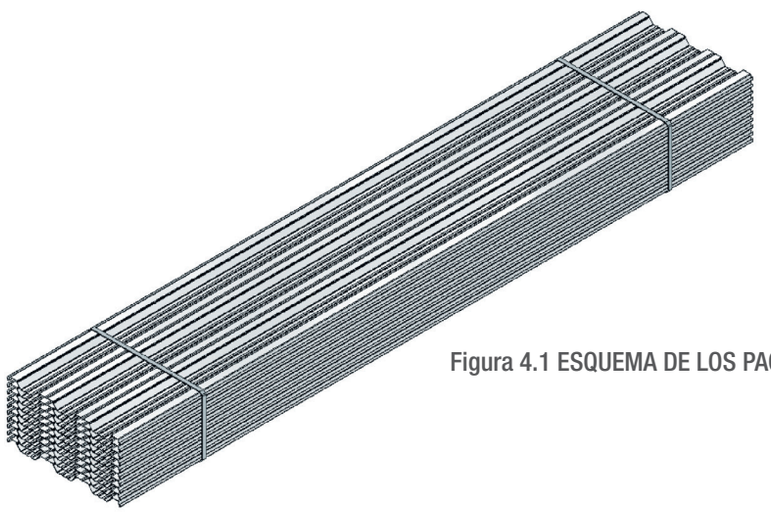


Figura 4.1 ESQUEMA DE LOS PAQUETES DE ENTREGA

4.1.2 ALMACENAMIENTO Y PROTECCIÓN

El almacenamiento de los paquetes de láminas deberá realizarse en un sitio protegido de la intemperie y aislado del terreno natural. El apoyo de base se recomienda sobre elementos de madera donde se garantice su aislamiento del terreno natural. El sitio de almacenamiento debe estar adecuadamente ventilado para evitar condensación de humedad y debe mantenerse a temperatura ambiente normal.

Cada lámina debe sujetarse convenientemente de manera que el viento no pueda levantarla. El sello indeleble debe ir siempre hacia abajo lo cual indica el sentido correcto de colocación de la lámina. En el caso de almacenamiento en la estructura misma que se construye deben seleccionarse sitios sobre vigas principales cercanas a columnas o muros de apoyo. En ningún caso deben utilizarse como zona de almacenamiento pórticos no arriostrados o láminas de METALDECK no ancladas o arriostradas.

4.1.3 MANEJO E IZAJE

Cada proyecto en particular debe desarrollar su propio plan de montaje que incluye el manejo en obra, el izaje y la instalación de cada lámina en el sitio definitivo. La mayoría de las instalaciones se realizan en estructuras elevadas y existe siempre el riesgo de caída.

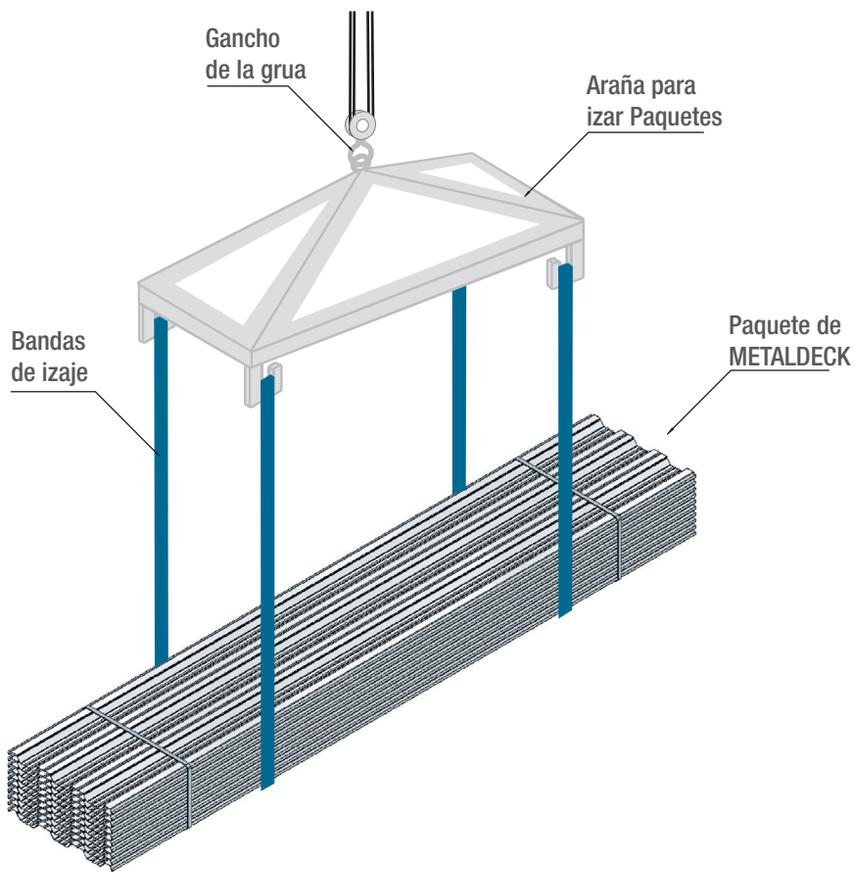


FIGURA 4.2 MANEJO E IZAJE

Deben tomarse todas las precauciones para garantizar la seguridad de los trabajos en altura. Todas las rutas y áreas de acceso deben estar monitoreadas permanentemente para evitar la presencia de equipos, materiales o desechos que puedan entorpecer el proceso de instalación. Debe minimizarse el tráfico de personas por las áreas de tránsito de las láminas.

El personal deberá utilizar en todo momento los implementos de seguridad necesarios para el trabajo particular que se encuentra desarrollando. Los bordes y las esquinas de la lámina son peligrosos por lo cual el manejo debe realizarlo solo personal capacitado consciente de los riesgos y peligros que se corren con el manejo de la lámina.

La estructura debe estar lista al momento de la instalación de las láminas de METALDECK. Debe verificarse la nivelación y las conexiones de la estructura de soporte. Debe verificarse la presencia de apuntalamiento temporal en caso de necesidad.

Los paquetes de láminas deben sujetarse en forma adecuada de manera que no se presenten inclinación excesiva durante el izaje, que puedan controlarse las rotaciones y movimientos del conjunto y que el sistema de izaje no dañe las láminas. La operación de izaje debe dirigirse y manejarse en forma cuidadosa. Deben sujetarse cuerdas directamente a los paquetes para el direccionamiento de la carga. Nunca deben moverse los paquetes halando desde las bandas de enzunchados. Si es posible deben apilarse los diferentes paquetes a lo largo de las vigas principales en pequeños conjuntos en lugar de almacenar todo el material en un área concentrada. Debe advertirse claramente a los trabajadores encargados del movimiento de la carga que no la deben perder de vista hasta que se encuentre ubicada en forma segura sobre la estructura. La colocación final de los paquetes debe ser tal que los dos extremos del mismo queden apoyados sobre una superficie uniforme, nunca en voladizo. Los paquetes deben posicionarse de manera que se facilite la distribución de las láminas y, en lo posible, orientarse de manera que no haya necesidad de girar la lámina. Las láminas sueltas a las que se les haya quitado el enzunchado deben asegurarse para evitar que sean levantadas por el viento.

4.1.4 INSTALACIÓN

Todas las láminas de METALDECK deben tener la longitud de apoyo suficiente y el anclaje necesario para garantizar su estabilidad y apoyo durante la construcción. Todas las áreas que vayan a estar sometidas a tráfico pesado o repetido, cargas concentradas importantes, cargas de impacto, cargas de ruedas o similares, deben protegerse de manera adecuada mediante entablado o cualquier otro método aprobado para evitar sobrecarga y/o daño. Todos las láminas dañadas que tengan cualquier tipo de distorsión o deformación causado por prácticas constructivas deben repararse, reemplazarse o apuntalarse a satisfacción del interventor del proyecto, antes de la colocación del concreto.

Con el fin de conformar una plataforma segura de trabajo y para evitar daños en las láminas, éstas deben anclarse a los apoyos y los bordes de las láminas deben conectarse tan rápido como sea posible. Si se van a utilizar láminas para acceder al sitio donde se ha colocado el paquete, éstas deben colocarse con apoyos en los extremos, nunca en voladizo,

y deben sujetarse al pórtico para evitar su deslizamiento. Cada zona de trabajo debe tener al menos 4.00m de ancho. Alrededor o al frente de cada paquete debe delimitarse una zona de trabajo de manera que se tenga fácil acceso al material, de esta manera se puede ir extendiendo la plataforma de trabajo en la dirección deseada. En el plan de instalación debe definirse claramente los puntos de inicio de la instalación y la secuencia de la misma. Siempre habrá al menos un trabajador sobre el pórtico de apoyo de manera que se garantice protección contra caídas durante el montaje de las láminas de METALDECK.

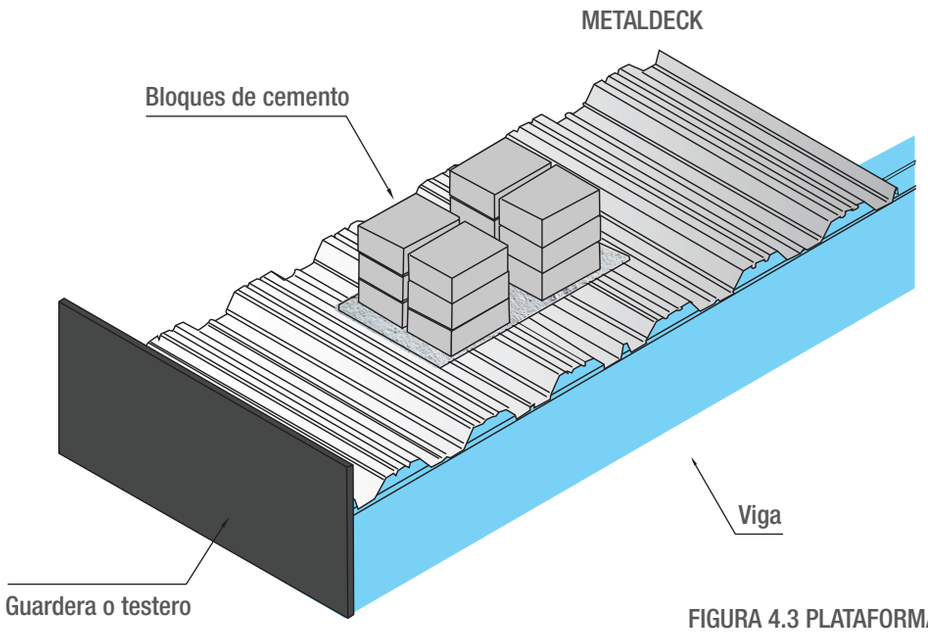


FIGURA 4.3 PLATAFORMA DE TRABAJO

A medida que avanza la colocación de las láminas siempre habrá un borde longitudinal libre o "suelto". Este borde solo debe utilizarse para la colocación de la siguiente lámina. Cuando se esté alineando el borde de la lámina el trabajador debe inclinarse, de manera que se disminuya la posibilidad de caída. Una vez colocado un conjunto de láminas y tan pronto como sea posible deben protegerse todos los bordes y aberturas en la losa con cables, cuerdas, divisiones o cualquier dispositivo de alerta y protección. Los huecos pequeños en la losa deben taparse con un recubrimiento seguro y anclado para evitar su desplazamiento accidental.

No se recomiendan los traslapos en el apoyo. Los resaltes y el perfil de la lámina METALDECK puede dificultar esta operación. Por otra parte, este raslapo puede dificultar la labor de soldadura sobre los apoyos. Para evitar las fugas de concreto, por las crestas de la lámina, se recomienda la utilización de las tapas diseñadas para tal fin (consulte con el departamento técnico de ACESCO)

La necesidad de apuntalamiento temporal durante la construcción debe investigarse cuidadosamente tal como se presentó en el capítulo anterior. En caso de requerirse, el apuntalamiento debe diseñarse e instalarse

de acuerdo con las normas aplicables y debe mantenerse en su sitio hasta que el concreto de la losa alcance el 75% de la resistencia a la comprensión especificada.

Cualquier otro grupo de trabajo, diferente al de instalación, debe mantenerse por fuera de la plataforma de trabajo y del área inmediatamente inferior durante todo el proceso de montaje. Deben tomarse las precauciones necesarias durante el corte de los zunchos para evitar que éstos caigan directamente sobre personal o equipos adyacentes. Antes de la instalación de cualquier lámina debe instruirse a todo el personal sobre los aspectos de la instalación incluyendo los peligros y riesgos. Puede conseguirse información adicional en el Iron Workers International Association (AFLCIO), referencia 10.

Cuando se desee seleccionar láminas de METALDECK para trabajo como solo formaleta, no teniendo en consideración la acción compuesta (NonComposite Steel Floor Deck) debe hacerse de manera que resistan al menos 2.4kPa (50psf) de capacidad como plataforma de trabajo. Si llegan a requerirse apoyos temporales para garantizar esta capacidad, estos apoyos deben colocarse en su sitio antes de iniciar el proceso de montaje. Esta carga de 2.4kPa (50psf) no incluye el peso propio de concreto, ya que se considera como una hipótesis independiente de carga. Para esta ultima condición descrita de trabajo remitirse a las especificaciones del SDI For NonComposite Steel Floor Deck (referencia 16)

4.1.5 NOTAS DE SEGURIDAD

Las superficies de las láminas de METALDECK se vuelven resbalosas cuando se encuentran húmedas, deben tomarse las precauciones necesarias cuando esto ocurra para evitar accidentes de trabajo.

Las siguientes son algunas recomendaciones de seguridad importantes para el manejo e instalación del METALDECK:

1. Asegurarse que el aparejo de carga esté bien ajustado para mantener las cargas colgantes bien balanceadas.
2. No se estacione bajo cargas que estén siendo levantadas.
3. Mantenga siempre las cargas elevadas a la vista.
4. Utilice señales de mano apropiadas para los operadores de las grúas o comunicación por radio.
5. Verifique los planos de montaje para descargar los tableros en la posición y orientación correctas con el objeto de evitar girar las láminas de METALDECK en la instalación
6. Verifique que los paquetes estén seguros y estables antes de cortar las bandas.
7. Ponga especial atención a láminas de una sola luz. Por ser más cortas su manejo es más peligroso. Se debe verificar que las láminas estén firmemente sujetas antes de ser utilizadas como plataforma de trabajo.
8. Cuando corte los zunchos de los paquetes, utilice las dos manos y aléjese debido a que los zunchos están en tensión. Se recomienda utilizar protección visual.
9. Verifique que los cortes y aberturas en la losa estén adecuadamente protegidos, asegurados y señalizados.
10. Utilice líneas marcadas con tiza o similar para ubicar en forma precisa las estructura de soporte.
11. Manténgase en alerta de los bordes afilados.

12. Los tableros húmedos son resbaladizos, coloque las precauciones necesarias.
13. Mantenga limpio el sitio de trabajo.
14. Utilice protección visual cuando esté cerca de trabajos de soldadura.
15. Se recomienda utilizar gafas de sol y protección contra quemaduras cuando se instalen láminas galvanizadas en días muy soleados.

4.1.6 OTRAS RECOMEDACIONES

Las láminas de METALDECK deben instalarse de acuerdo con los planos finales aprobados para construcción. La instalación debe llevarla a cabo personal calificado y entrenado. El punto de inicio debe seleccionarse cuidadosamente para garantizar una adecuada orientación de las láminas. Usualmente las láminas de cubierta se dejan expuestas en la parte inferior. El alineamiento de los nervios debe ser perpendicular a las viguetas de apoyo de la lámina.

De ser posible debe mantenerse el alineamiento de los nervios de manera que se garanticen viguetas continuas de concreto a través de bordes de láminas a tope. Los nervios no alineados pueden causar problemas de cerramiento que pueden interrumpir el diseño de la losa. Un alineamiento adecuado puede lograrse únicamente si cada una de las láminas de acero se ajusta adecuadamente a medida que se va colocando. Errores acumulados en el ancho de cubrimiento de las láminas a lo largo de una dirección especifica no pueden corregirse con las últimas láminas del tramo. La experiencia en el sitio ha demostrado que la frecuencia en las marcaciones para el posicionamiento determina la precisión en el alineamiento de los nervios y pliegues. Este esfuerzo mínimo en el momento de la colocación de los tableros elimina la necesidad de correcciones complicadas en el sitio de instalación. También, son aceptables en general brechas en los bordes colocados a tope y no es responsabilidad del fabricante que se logre el empalme perfecto.

4.2 ANCLAJE DE LÁMINAS DE METALDECK

4.2.1 REQUISITOS BÁSICOS

Para que la lámina pueda cumplir con las funciones para las que fue diseñada y para que sirva de plataforma de trabajo debe sujetarse y anclarse de manera adecuada a la estructura de soporte. Normalmente la lámina se utiliza como parte del sistema de arriostramiento principal y el patrón y método de sujeción será seleccionado para proporcionar una resistencia y rigidez determinada en el plano de la losa (véase numeral 3.4). No debe permitirse la sustitución en el patrón o tipo de sujeción sin la aprobación directa del diseñador.

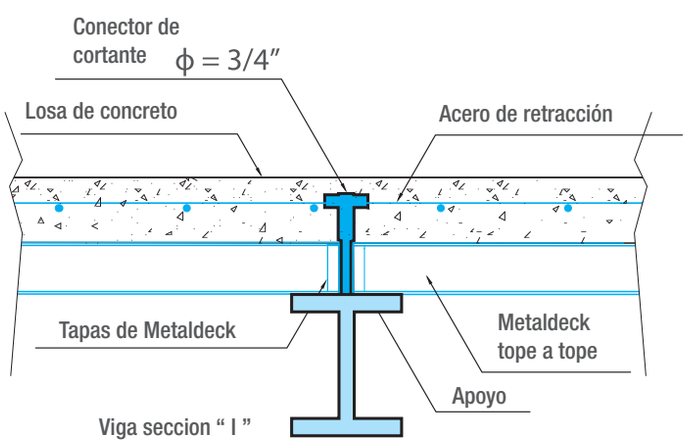


FIGURA 4.4 APOYO DE LÁMINA CON BRECHA EN LOS BORDES

Las láminas con luces mayores a 1.50m deben tener los traslapos laterales y los bordes perimetrales (a las vigas de soporte perimetral) unidos a la mitad de la luz o intervalos de 1.00m, la que sea menor. El anclaje o sujeción de los bordes perimetrales al ala superior del elemento estructural de soporte o a la superficie de apoyo directamente puede requerirse para proporcionar estabilidad lateral a la lámina. Sin embargo la función principal es la de anclar la lámina a la estructura y permitir su utilización como plataforma de trabajo.

La sujeción de las láminas al marco de la estructura puede realizarse mediante tornillos auto-perforantes o sujetadores colocados con pistolas neumáticas o eléctricas, mediante sistema de fijación por pólvora, sistemas epóxicos, anclajes mecánicos o soldadura. El apoyo de borde mínimo recomendado para el tablero debe ser 40mm (1½") Si el apoyo de borde es menor que 40mm debe proporcionarse sujeción adicional y debe verificarse la capacidad de carga del borde de la lámina acorde con las especificaciones del AISI (NAS2004) (Referencia 3) Cuando únicamente se utilizan soldaduras como sistema de unión y anclaje, deben colocarse puntos de soldadura de 5/8" de diámetro nominal o equivalente en todos los nervios de borde y un número suficiente de nervios interiores hasta proporcionar un espaciamiento promedio máximo de 300mm (1pie) El máximo espaciamiento entre puntos adyacentes de sujeción no debe exceder 450mm. Puede utilizarse igualmente soldadura en filete con longitud mínima de 25mm (1pulg) en cada punto. Si se colocan pernos de corte soldados en su sitio con equipo especial (de acuerdo con AWS D1.1) pueden servir como puntos de soldadura para sujetar la lámina al marco de apoyo.

4.2.2 SUJECIONES A ESTRUCTURAS DE ACERO

Para sujetar la lámina de METALDECK al marco estructural pueden utilizarse tornillos autoperforantes que se colocan con pistolas eléctricas especiales. Estas pistolas de tornillos están equipadas con un embrague y un localizador de la profundidad para evitar la aplicación de torque excesivo. Los tornillos son #12 de ¼" de diámetro con una punta especial perforante seleccionada de acuerdo con el espesor total de metal (lámina más marco) que desea conectarse.

Las herramientas neumáticas operan normalmente a una presión de aire predeterminada consistente con los requerimientos de sujeción del anclaje de la lámina. El aire se suministra mediante un compresor equipado de regulador para controlar y limitar la profundidad del anclaje. Los anclajes tienen una cabeza plana en el extremo de empuje y una punta en forma de balín en el extremo de penetración. Una variedad de tamaños está disponible para cumplir los requerimientos de penetración del espesor del acero.

También pueden utilizarse sistemas de pistola y fulminantes en los cuales se fijan clavos de acero mediante pólvora. Se utilizan normalmente para espesores totales de lámina desde ¼" hasta ½" y la longitud de los clavos es normalmente de 5/8".

4.2.3 SUJECIONES A ESTRUCTURAS DE CONCRETO

Cuando la estructura de soporte consiste en una viga o muro de concreto reforzado o mampostería reforzada pueden utilizarse sistemas equivalentes con base en pistolas y

pólvoras en el cual se utilizan clavos de 1" hasta 3" de longitud.

También se pueden utilizar sistemas con base en epóxicos de pega en los cuales se perfora la lámina y el apoyo de concreto con broca de tungsteno o diamante, se limpia el orificio con soplador o cepillo de cerda metálica, se inyecta la mitad del hueco con el mortero epóxico y se coloca la varilla, perno o anclaje dejándolo curar durante unas pocas horas para garantizar un buen agarre. Para varillas de ½" de diámetro e inferiores, el hueco debe tener 1/16" adicional al diámetro de la varilla y para varillas de diámetro superior a ½" el diámetro del hueco será 1/8" superior al diámetro de la varilla. La profundidad de la perforación será de 4 a 12 veces el diámetro de la misma con un valor recomendado de 9 veces el diámetro.

Finalmente existe gran variedad de anclajes metálicos mediante los cuales, luego de la perforación, se instala el anclaje y posteriormente se colocan varillas roscadas o tornillos roscados que sirven de anclaje final.

4.2.4 SOLDADURAS

Las soldaduras deben ser realizadas por personal calificado y en condiciones de tiempo adecuadas. Una soldadura de calidad en una lámina delgada requiere experiencia, la selección del amperaje y los electrodos adecuados. Toda soldadura debe realizarse de acuerdo con el Structural Welding Code AWS D1.1 o D1.3.

En términos generales no se recomienda la utilización de soldadura como método de sujeción o anclaje en láminas con espesores de 0.0281pulg. (calibre 22) o menores. Si se hace absolutamente necesario se recomienda la utilización de arandelas para soldadura sólo para estos espesores. Para espesores mayores no deben utilizarse las arandelas. Una soldadura correcta requiere un adecuado contacto entre los metales.

Debido a que la mayoría de los trabajos de construcción se realizan al aire libre, la ventilación para los trabajos de soldadura es normalmente adecuada. Sin embargo, para áreas cerradas debe proporcionarse ventilación complementaria. Una ventilación adecuada es extremadamente importante cuando se estén soldando láminas galvanizadas. Todos los trabajadores involucrados en las operaciones de soldadura deben utilizar protección visual.

Los trabajos de soldadura no deben realizarse cerca de ningún tipo de material combustible. Chispas del proceso de corte o soldadura pueden producir incendios. Las condiciones en los sitios de construcción están sujetos a cambios rápidos. Los trabajos de soldadura pueden ser seguros en un área determinada e inmediatamente, con la traída de combustible, el área se convierte en no segura. El supervisor de obra debe evitar que se almacenen materiales combustibles en áreas donde van a realizarse trabajos de soldaduras o en cercanías de las mismas. Es importante mantener una vigilancia permanente en estas áreas y en las zonas inferiores correspondientes.

4.2.5 PERNOS DE CORTANTE

Los pernos de cortante soldados en su sitio con equipo especial (AWSD1.1) se instalan normalmente después de haber colocado las láminas que conforman la plataforma de trabajo, por lo tanto, es necesario que la plataforma esté adecuadamente sujeta a la estructura antes de instalar los pernos. Los

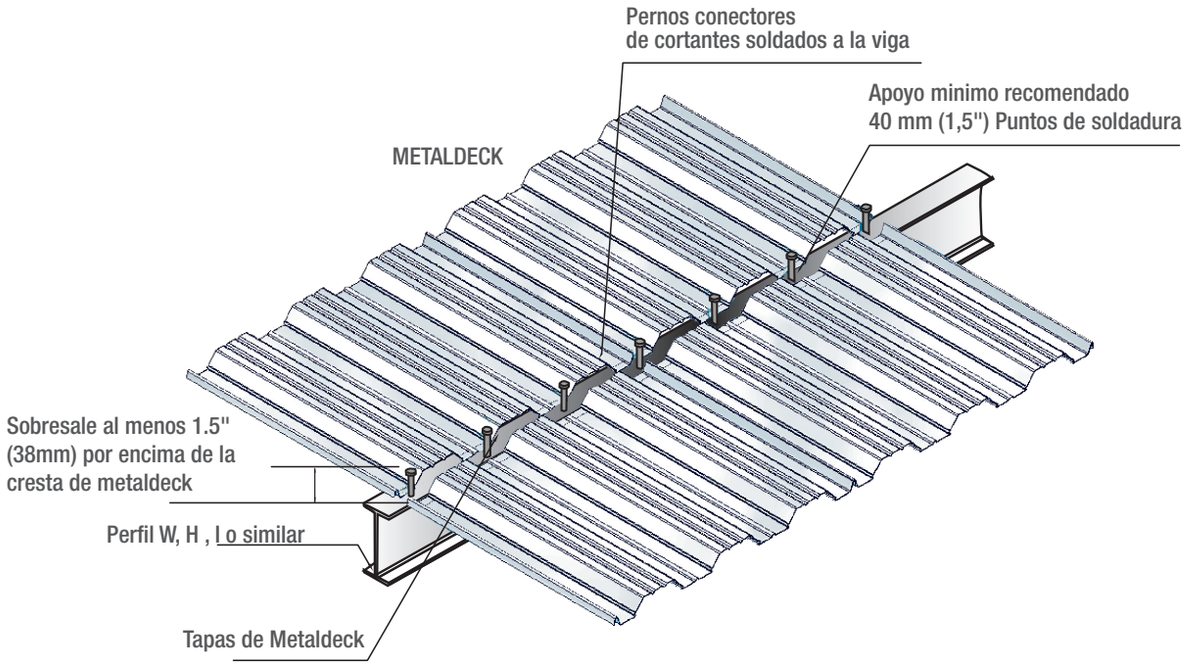

Pernos conectores
de cortantes soldados a la viga
Apoyo minimo recomendado
40 mm (1,5") Puntos de soldadura
METALDECK
Sobresale al menos 1.5"
(38mm) por encima de la
cresta de metaldeck
Perfil W, H , I o similar
Tapas de Metaldeck

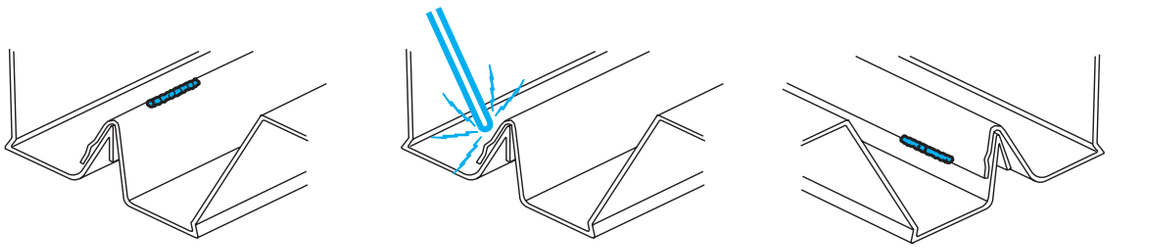
FIGURA 4.5 DETALLE DE SOLDADURA DE PERNOS

pernos de cortante pueden soldarse fácilmente a través del espesor del metal constituyente de las de láminas (si el espesor de la lámina es mayor que el calibre 16 debe consultarse al fabricante sobre los procedimientos de instalación) Los pernos de cortante, al igual que todos los otros tipos de sujetadores, deben instalarse de acuerdo con los planos de diseño.

4.2.6 CONEXIONES DE BORDE

El sistema METALDECK requiere conexiones en los traslapos de borde de las láminas normalmente para luces mayores que 1.50m. Estas se llaman comúnmente conexiones de borde o trajadores de ala. Las conexiones más utilizadas son tornillos auto-perforantes, soldaduras o remaches. Normalmente se utilizan tornillos del tipo auto-perforante desde el #8 hasta los de ¼" de diámetro. Pero en general no se recomiendan los tornillos con diámetros menores que el #10. El instalador debe asegurarse que la lámina inferior esté firmemente ajustada contra la lámina superior. De nuevo deben utilizarse pistolas especiales para evitar el toque excesivo.

La instalación de remaches en forma manual para conexiones de borde requiere la utilización de una herramienta remachadora especial. El proceso requiere que el trabajador ajuste la posición de su propio peso de manera que la parte superior de la lámina permanezca nivelada a través de la unión. Debido a que la calidad de la sujeción con base en remaches depende de la fuerza y cuidado del operador de la herramienta, es importante que se desarrolle un método consistente y de calidad. Los dispositivos eléctricos automáticos se utilizan raramente en este tipo de trabajos pero no deben descartarse como método de conexión.



Esta soldadura es dificíl de realizar. La lámina debe quedar embebida en la soldadura

Puede aplicarse soldadura desde el costado (después de ajustar la lámina) si la cresta de la lámina no interfiere con la barra.

Resulta muy difícil colocar una soldadura de filete en una lámina calibre 22 o más liviana. Dos puntos de soldadura en general son más fáciles de colocar y pueden ser igualmente eficientes

FIGURA 4.6 SOLDADURAS EN LOS TRASLAPOS DE BORDE

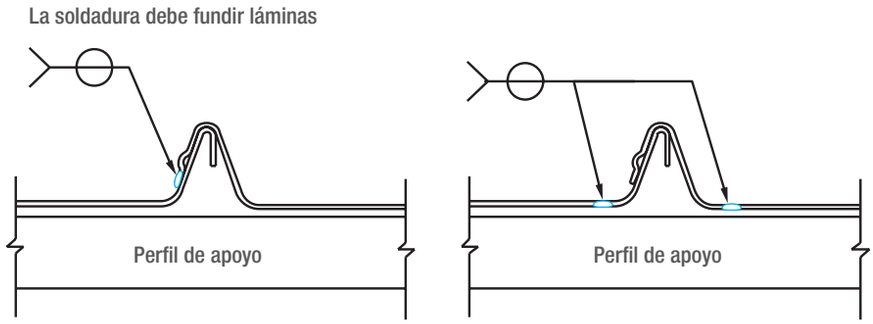


FIGURA 4.7 SOLDADURAS EN LOS TRASLAPOS DE BORDE EN APOYOS

Si se desea utilizar soldadura en los traslapos de borde se requiere un buen contacto entre los metales. Normalmente se presentan perforaciones por quemado y el inspector no debe sorprenderse de encontrarlas en el tablero. La soldadura desarrolla su resistencia mediante agarre alrededor de su perímetro. Una buena soldadura debe tener al menos el 75% de su perímetro trabajando. En ocasiones se especifican soldaduras en los traslapos de borde para láminas con sistemas especiales de conexión (véase la Figura 4.6 para comentarios al respecto)

En la Figura 4.7 se presentan detalles típicos de soldaduras en los traslapos de borde cuando se llega a la zona de los apoyos. No se recomienda aplicar soldaduras en los traslapos de borde para láminas con espesores de 0.0281pulg (calibre 22) o menores. Nunca deben utilizarse arandelas para soldaduras en los traslapos de borde entre apoyos.

Al igual que en el proceso de soldadura al marco, resulta indispensable una ventilación adecuada y deben prohibirse trabajos de soldadura cerca de materiales combustibles.

4.3 LÁMINAS DAÑADAS Y PERFORACIONES

4.3.1 GENERALIDADES

Los daños que le ocurran a las láminas y las perforaciones que deban realizarse a las mismas tienen mucho en común: su ubicación y tamaño no se conoce con anticipación. Generalmente el diseñador sabe en qué área de la losa deberá atravesar un ducto de aire o

aproximadamente donde pasará un conducto de líneas telefónicas, pero no puede saber qué tan grande será el tamaño de la perforación a realizar. Esta falta de información hace difícil prever el tipo de refuerzo a colocar, si es que se requiere, o cómo debe repararse un tablero dañado. Las especificaciones en general reflejan esta falta de información. Por ejemplo la especificación del SDI Steel Deck Institute (referencia 19) establece al respecto que *las aberturas que no se muestren en los planos de montaje, tal como las requeridas para ductos, conductos, tuberías, ventilación, etc., deben recortarse (y reforzarse en caso necesario)*… Deberá consultarse al diseñador con respecto a los requerimientos de refuerzo y se presentarán los detalles en los planos de diseño.

Los daños en la lámina pre- sentan problemas similares. El requerimiento general consiste en que debe hacerse reemplazo total de las láminas dañadas. El constructor debe tomar la decisión de lo que constituye una lámina dañada considerando simultáneamente el retraso en que se incurre si se decide reemplazar determinadas unidades. La cantidad de daño tolerable depende de consideraciones arquitectónicas y estructurales. Si la parte inferior del tablero va a quedar expuesta a la vista resulta inadmisible prácticamente cualquier tipo de daño visible. Sin embargo, en muchos casos la parte inferior del tablero estará oculta bien sea por el cielo raso, por ductos o instalaciones y por lo tanto la preocupación principal recae en el comportamiento estructural y no en la parte estética.

4.3.2 LÁMINAS PARA CUBIERTA

Para láminas de cubierta de 2” como de 3”, donde existan perforaciones o daños menores a 150mm (6pulg), no es necesario utilizar refuerzo adicional. Un hueco o abolladura de este tamaño no afecta significativamente la capacidad de carga de la placa e igualmente, en la mayoría de los casos, se tiene una capacidad de carga mayor a la necesaria. El comportamiento de la placa de METALDECK como diafragma tampoco se ve afectado.

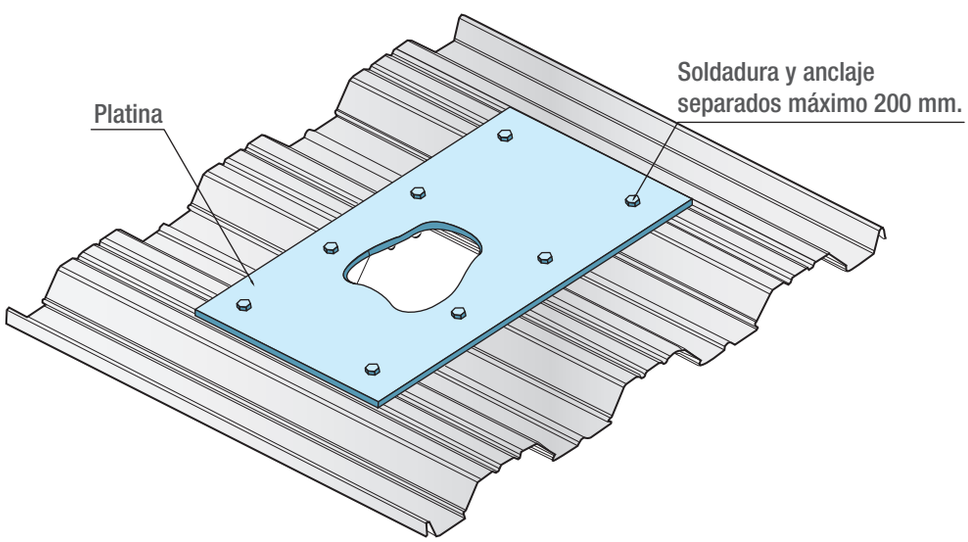


FIGURA 4.8 REPARACIONES EN LÁMINA

Para perforaciones o daños de hasta 200mm se debe colocar una platina de 1.20mm y llevarla hasta los nervios adyacentes a la perforación. En el caso de perforaciones o daños de 200mm a 300mm es recomendable utilizar una platina de por lo menos 1.50mm. Para perforaciones más grandes es necesario revisar la capacidad del METALDECK en voladizo y contar con un diseño por parte de un ingeniero calculista.

Las siguientes son excepciones a las recomendaciones dadas anteriormente:

1. El hueco puede estar localizado en un sitio tal que la lámina puede, en forma segura, funcionar como voladizo desde cada uno de los apoyos adyacentes.
2. Un grupo de huecos puede estar tan cerca el uno del otro que se requiere un marco estructural de apoyo.

4.3.3 SUMIDERO O COLECTOR

Un caso especial de penetración en la cubierta son los sumideros colectores (Sump Pans) Si éste se encuentra adecuadamente sujeto transferirá la carga del tablero que reemplaza.

NOTA: Para perforaciones ø =150mm (6pulg) o menos no se requiere refuerzo o se utiliza el mínimo, platina de 1.2mm.

En la referencia 9 se presentan detalles para el cálculo de este tipo de penetración.

4.3.4 LÁMINAS PARA ENTREPISOS

Antes del vaciado del concreto, el contratista debe inspeccionar las láminas para determinar áreas que puedan estar dañadas o aplastadas y que puedan requerir apuntalamiento temporal mientras se coloca el concreto.

Las áreas que presenten pandeo durante el vaciado, probablemente se debe a daños previos, luces mayores que las previstas o apilamientos excesivo del concreto. El pandeo de las láminas no afecta necesariamente la capacidad de la losa para cargas vivas. Ensayos realizados en West Virginia University, demuestran que en las láminas pandeadas a propósito no se produce una pérdida significativa de la capacidad portante de la losa para efectos de las cargas vivas.

Debido a que los daños o las perforaciones en las láminas pueden afectar la capacidad del sistema para soportar el concreto deben evaluarse antes del vaciado. Las láminas para entrepiso al igual que las cubiertas pueden analizarse en estos casos como voladizos. En la figura 4.12 se presenta un esquema para el cálculo de la luz admisible para el voladizo. Debe considerarse una de$flexión máxima de L/120 bajo la carga del concreto y la lámina (L = luz del voladizo)

El método recomendado para la conformación de aberturas y pases consiste en impedir la entrada de concreto al sitio donde va a quedar la abertura y una vez el concreto fragüe lo suficiente, cortar el sobrante de la lámina. Por otro lado existen diversos equipos menores y herramientas para cortar la lámina sin dañar los bordes.

Deben minimizarse las aberturas que se realicen después de fundido el concreto utilizando taladros para toma de núcleos de concreto. Este método tiene el inconveniente de no prever la presencia de refuerzo. Por tal razón debe minimizarse el número y diámetro de perforaciones con este sistema.

El diseñador determinará la necesidad de barras de refuerzo o malla adicional alrededor de las aberturas en la losa cuando éstas se planifiquen previamente al vaciado del concreto.

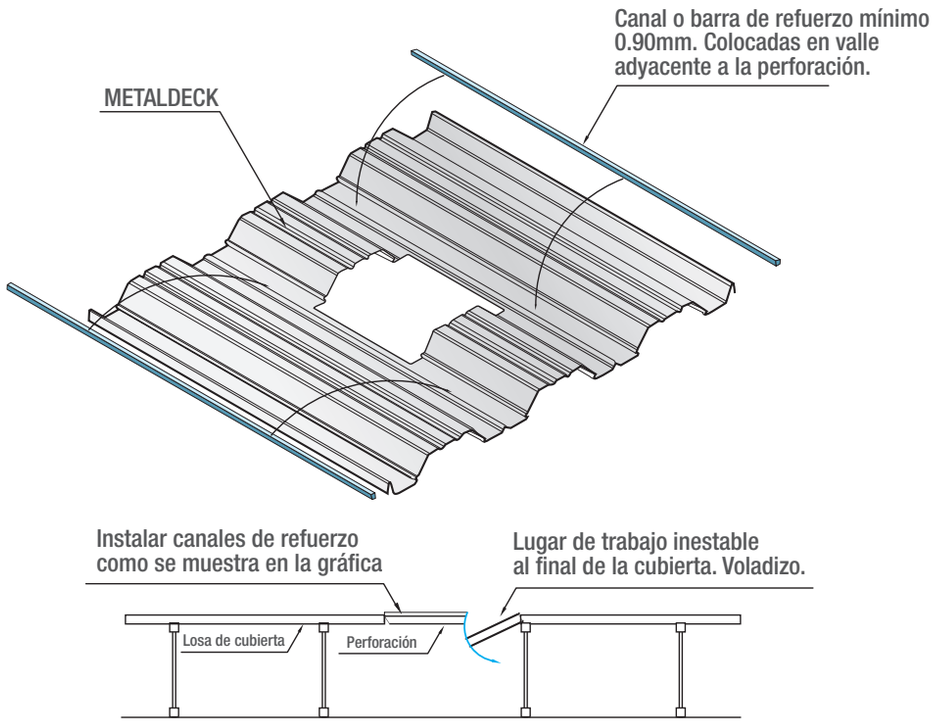

Canal o barra de refuerzo mínimo 0.90mm. Colocadas en valle adyacente a la perforación.
METALDECK
Instalar canales de refuerzo como se muestra en la gráfica
Lugar de trabajo inestable al final de la cubierta. Voladizo.
Losa de cubierta
Perforación

FIGURA 4.9 DETALLES DE SUMIDERO O COLECTOR

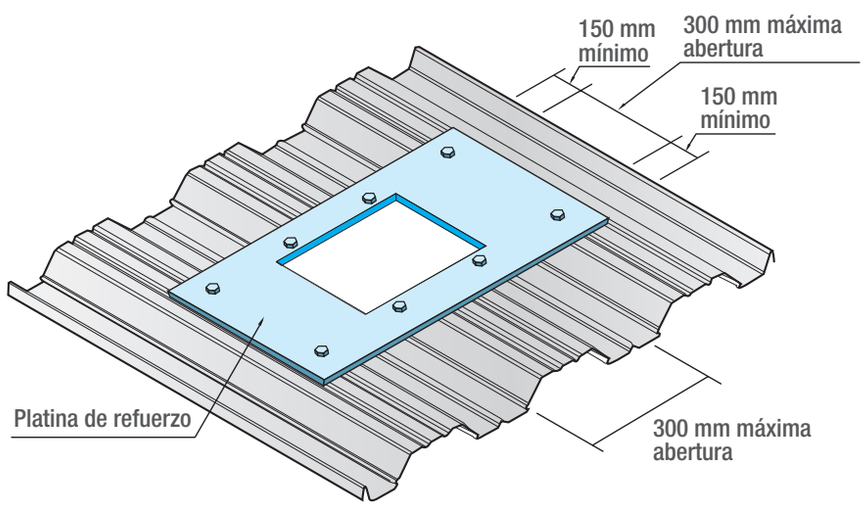


FIGURA 4.10 DETALLE PERFORACIONES HASTA 300mm. PERPENDICULARES AL METALDECK

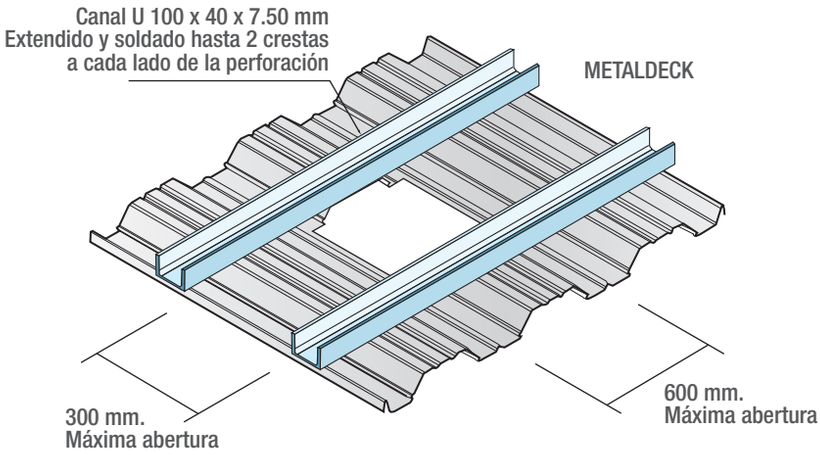


FIGURA 4.11 DETALLE PERFORACIONES HASTA 600 mm. PERPENDICULARES AL METALDECK

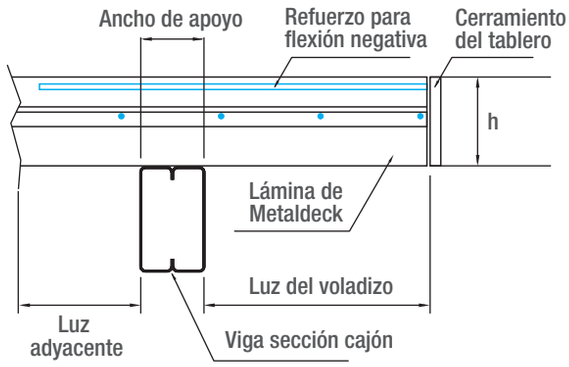


FIGURA 4.12 VOLADIZOS MÁXIMOS PARA TABLEROS DE ENTREPISO

Notas:

1. *Esfuerzo de flexión admisible 20ksi (14MPa) incluyendo la carga del concreto mas el tablero mas 20psf (1kPa) ó la carga del concreto mas el tablero mas 300lb (2.2kN) de carga puntual aplicada en el centro de la luz. Se selecciona la más crítica de las condiciones*
2. *La deflexión máxima en el extremo libre será de L/120 (L = luz del voladizo) solo se tiene en cuenta la carga del concreto mas el tablero mas 20psf.*
3. *Ancho del apoyo de 3.5pulg (90mm) asumido para arrugamiento del alma. Se calcula con el peso del concreto mas tablero mas 20psf. Si el ancho del apoyo es menor debe consultarse con el departamento técnico ACESCO.*

4.3.5 OTROS REQUISITOS Y RECOMENDACIONES

Otros requisitos y recomendaciones generales son los siguientes:

- Las perforaciones por quemado en los traslapos de borde de la lámina

causado por soldaduras están, en general, lo suficientemente espaciadas entre sí para no causar problemas. Las perforaciones por quemado cercanas a apoyos intermedios no deben producir una pérdida significativa de resistencia a menos que se remueva un área total mayor que la de un hueco de 150mm (6pulg) de diámetro. Estas perforaciones por quemados se producen normalmente

- Cuando el soldador está buscando el elemento estructural que no está a la vista, por esta razón se recomienda la utilización de marcas con tiza.
- Las abolladuras pequeñas tales como las producidas por el paso de personas, no producirán en general problemas estructurales. Sin embargo si las abolladuras cubren un buen porcentaje del área, resulta preferible sujetar cualquier dispositivo colgante mediante sujetadores mecánicos en lugar de adhesivos. El diseñador debe aprobar cualquier cambio en el sistema de sujeción.
- El tablero debe inspecionarse para garantizar una sujeción adecuada en los apoyos y en los traslapos longitudinales de borde. Los traslapos longitudinales deben estar firmemente conectados para evitar que se separen durante el vaciado del concreto.
- El concreto proporciona un ambiente alcalino que impide la corrosión. Debido a que la mayoría de las aplicaciones del sistema es en áreas interiores secas no se requiere generalmente la pintura en obra de áreas quemadas, cortadas o raspadas. Cualquier requerimiento de terminado o protección debe quedar incluido en las especificaciones de construcción.

4.4 MANEJO Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO

4.4.1 LIMPIEZA DEL TABLERO

Los residuos de los zunchos de los paquetes de láminas, los restos de la madera y los desperdicios de lámina deben recogerse y retirarse de la plataforma de trabajo diariamente para no generar riesgos innecesarios. No deben dejarse tiradas herramientas sueltas. Los residuos del proceso de soldadura de los pernos de cortante deben separarse del perno mismo y todos los residuos deben retirarse de la plataforma antes de la colocación del concreto.

Todas las personas involucradas en los trabajos de construcción deben cooperar para almacenar adecuadamente los materiales combustibles y debe retirarse la basura que pueda generar riesgos de incendio.

Absolutamente ninguna lámina debe permanecer suelta al final del día de trabajo. Cualquier paquete usado parcialmente debe asegurarse firmemente para evitar que sea llevado por el viento.

4.4.2 VACIADO DEL CONCRETO

Antes del vaciado del concreto, el constructor debe estar seguro que toda la plataforma está completa y adecuadamente sujeta de acuerdo con los planos aprobados para el montaje y que existe el soporte necesario en todos los bordes. Las áreas dañadas deben repararse o aceptarse oficialmente. Todos los residuos de soldadura deben desprenderse y retirarse de los pernos de cortante. Deben retirarse todos los residuos y desperdicios. Todo el refuerzo, los alambres y las barras deben estar asegurados adecuadamente

en su sitio. El encargado del concreto debe revisar cuidadosamente los requerimientos de apuntalamiento y verificar que todos los soportes estén ajustados adecuadamente en su sitio.

El concreto debe vaciarse desde un nivel bajo para evitar el impacto sobre las láminas. Debe colocarse de manera uniforme sobre la estructura de soporte y debe espaciarse hacia el centro de la luz. El concreto debe colocarse en una dirección tal que el peso se aplique primero sobre las láminas superior en el traslapo longitudinal, disminuyendo así las posibilidades de una separación de los bordes de las láminas adyacentes durante el vaciado. No se debe permitir la agrupación de trabajadores alrededor de la zona de colocación del concreto.

Si se utiliza carretilla para la colocación del concreto deben utilizarse entablados sobre los cuales se concentrará todo el tráfico. No se debe permitir, por ningún motivo, el tránsito de carretillas o elementos pesados sobre la lámina misma de acero sin la colocación previa de entablados adecuados. El entablado debe tener la rigidez suficiente para distribuir las fuerzas concentradas a la lámina del tablero sin causar daños o deflexiones excesivas.

Deben evitarse los daños en el tablero producidos por el manejo de las barras de refuerzos o por una colocación poco cuidadosa.

El vaciado de concreto en luces simples requiere consideraciones especiales debido al espacio limitado con que se cuenta. Por ejemplo, entre núcleos de ascensores se presenta comúnmente la situación de luz simple y es presumible que se tenga en estos sitios una colocación de concreto menos controlada. La selección del calibre de la lámina para estos sitios se basa comúnmente en una carga debida al peso propio de concreto aumentada hasta en un 50%. Alternativamente puede especificarse un apuntalamiento adicional. Aunque los anclajes y conexiones de las láminas son importantes en todas las condiciones de apoyo, éstas resultan de vital importancia en luces simples.

A medida que se coloca el concreto, tanto en la lámina como en la totalidad del marco de soporte se presentan deflexiones. Las cantidades de concreto y las cargas deben calcularse en general teniendo en cuenta estas deformaciones.

Cuando el conjunto de láminas se ha diseñado para que actúe como un diafragma a cortante durante la construcción debe indicarse claramente en los planos. Se debe alertar a los constructores sobre la función de arriostramiento que cumple estos paneles y que su remoción está prohibida a menos que se diseñe y proporcione un sistema de arriostramiento complementario. Los anclajes que se utilicen alrededor de aberturas reforzadas deben ser los mismos, y con los similares espaciamientos que el espaciamiento utilizado para sujetar las láminas al marco de apoyo.

Si las láminas deben funcionar como diafragma durante la construcción, debe tenerse en cuenta que el diafragma no es efectivo hasta que las unidades de las láminas están totalmente conectadas. De esta manera, si por alguna razón se interrumpe la instalación de las láminas en la plataforma, debe proporcionarse un arriostramiento temporal.

4.4.3 OTRAS CONSIDERACIONES

Para las consideraciones constructivas adicionales referente a la losa de concreto reforzado tales como compactación, curado, colocación y sujeción del refuerzo, etc., deberá seguirse los requisitos y re comendaciones dados por el título C Concreto Reforzado de la NSR10 (Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NDR-10) (referencia 1)

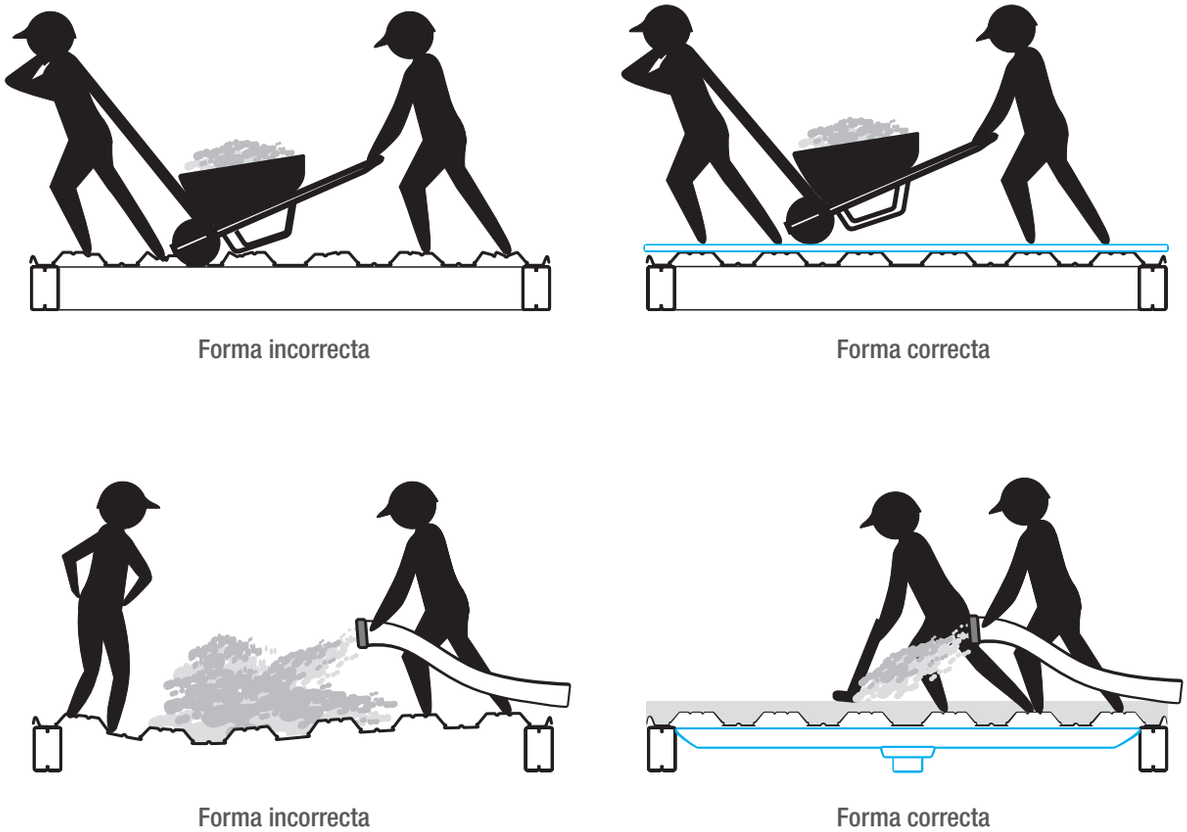


FIGURA 25 FORMA Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO

Referencias

1. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, AIS.
2. AISC, Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Building.
3. AISI, North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members. Supplement No. 2 to the North American Specification, 2007 Edition.
4. American Iron and Steel Institute. Cold Formed Steel Design Manual, 2008.
5. ASCE, Standard for the Structural Design of Composite Slabs, American Society of Civil Engineers, Steel Deck with Concrete Standard Committee.
6. American Institute of Steel Construction, Manual of Steel Construction, 1982.
7. Crisinel, M., O'Leary, D., Composite Floor Slab Design and Construction, The IABSE Publications Committee.
8. Easterling, S., Poster, M.L., Steel – Deck Reinforced Concrete Diaphragms I, Journal of the Structural Engineering, Vol. 120, No. 2 February 1994.
9. Heagler, R.B., Deck Damage and Penetrations, Steel Deck Institute Richard B. Heagler Metal Deck and Concrete Qualities, Steel Deck Institute.
10. Iron Workers International Association (AFC-CIO).
11. Lutrell, L.D., Steel Deck Institute Diaphragm Design Manual, DDMO2. Steel Deck Institute, Canton, Ohio.
12. Nilson, A.H., Winter., G Diseño de Estructuras de Concreto, Editorial McGraw Hill, 1993.
13. Porter, M.L., Ekberg C.E. Design Recommendations for Steel Deck Floor Slabs, Journal of the Structural Division, Vol. 102, No. ST11, November 1976.
14. Porter, M.L., Ekberg, C.E., Shear – Bond Analysis of Steel Deck – Reinforced Slabs, Journal of the Structural Division, Vol. 102, No. STI2, Dec 1976.
15. SDI, Composite Deck Design Handbook, The Steel Deck Institute, March 1997.
16. SDI, Design Manual for Composite Decks, Form Decks and Roof Decks, Steel Deck Institute, Publication No 30, 2000
17. SDI, Diaphragm Design Manual, The Steel Deck Institute. 3rd Edition.
18. SDI, LRFD Design Manual for Composite Beams and Girder with Steel Deck, The Steel Deck Institute, 1989.
19. SDI, Manual of Construction with Steel Deck, The Steel Deck Institute, 1991.
20. SDI, Standard Practice Details for Composite Floor Deck, non composite form Deck, Steel Roof Deck. The Steel Deck Institute, 1992.
21. Shuster, R.M., Composite Steel – Deck Concrete Floor Systems, Journal of the Structural Division. Vol. 102. No. ST5 Mayo 1976.
22. Slutter, G., Driscoll, G.C. Flexural Strength of Steel – Concrete Composite Beams, Journal of the Structural Division. Vol. 91. No. ST2, April 1965.
23. Stefan, E., Russell, Q., Test of Profiled Steel Deck with Flat–Hal Sti`eners, Journal of Structural Engineering. Vol. 121, No. 8. August 1995.
24. Underwriters Laboratories, Fire Resistance Directory, 1981, Northbrook, Illinois.
25. AISC Design guide 11: Floor Vibrations Due To Human Activity, AISC, Octubre de 2003.

PROPIEDADES DE LAS LÁMINAS DE METALDECK GRADO 40
TABLA DE PROPIEDADES METALDECK 2”

CALIBRE	ESPESOR (mm)	Ss(+) (mm^3/mm)	Si(+) (mm^3/mm)	Ss(-) (mm^3/mm)	Si(-) (mm^3/mm)	As (mm^2/mm)	I_3 (mm^4/mm)	I_2 (mm^4/mm)	J (mm^4/mm)	φ Vny (Kgf/mm)	y_b (mm)
22	0.75	14.17	16.62	15.32	11.66	1.0067	428.367	77,432.09	0.18872	3.16702	25.04
20	0.90	17.63	19.98	18.51	14.66	1.2053	510.930	92,725.91	0.32543	3.78723	25.05
18	1.20	24.76	26.59	24.89	21.03	1.5999	673.005	123,115.05	0.76787	5.01170	25.07
16	1.50	32.00	33.07	31.20	27.69	1.9907	831.063	153,249.16	1.49309	6.21809	25.09

PROPIEDADES DE LAS LÁMINAS DE METALDECK GRADO 40
TABLA DE PROPIEDADES METALDECK 3”

CALIBRE	ESPESOR (mm)	Ss(+) (mm^3/mm)	Si(+) (mm^3/mm)	Ss(-) (mm^3/mm)	Si(-) (mm^3/mm)	As (mm^2/mm)	I_3 (mm^4/mm)	I_2 (mm^4/mm)	J (mm^4/mm)	φ Vny (Kgf/mm)	y_b (mm)
22	0.75	21.99	26.35	25.57	20.49	1.05	1,037.328	68,582.46	0.19770	3.8149	37.83
20	0.90	28.45	31.96	30.80	25.40	1.26	1,239.098	82,131.80	0.34138	5.4793	37.86
18	1.20	41.95	43.02	41.07	34.84	1.68	1,636.982	109,063.22	0.80575	8.6759	37.92
16	1.50	52.85	53.34	51.26	44.44	2.09	2,027.399	135,775.21	1.56782	10.8195	37.98

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

FICHA TÉCNICA METALDECK 2" (MD 2)

PESO DEL TABLERO METÁLICO METALDECK 2"				
CALIBRE	22 (0.75mm)	20 (0.90mm)	18 (1.20mm)	16 (1.50mm)
Peso en Kg/m²	7.57	9.10	12.05	15.11
Peso en Kg/m	7.12	8.55	11.33	14.20
ANCHO ÚTIL	940 mm			
ANCHO TOTAL	960 mm			

ESPESOR TOTAL LOSA METALDECK 2" "h" (mm)					
100	110	120	130	140	150
LUZ MÁXIMA POR VIBRACIONES "L" (m)**					
3.00	3.30	3.60	3.90	4.20	4.50
CANTIDADES TEÓRICAS DE CONCRETO (m³/m²)					
0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122

PRESENTACIONES COMERCIALES					
CALIBRE	Longitud (m)*	PESO (Kg/Un)			
		Cal. 22	Cal. 20	Cal. 18	Cal. 16
MD 2"	3.00	21.36	25.65	-	-
MD 2"	3.10	22.07	26.51	-	-
MD 2"	3.60	25.63	30.78	-	-
MD 2"	4.10	29.19	35.06	-	-
MD 2"	4.60	32.75	39.33	-	-
MD 2"	5.10	36.31	43.61	-	-
MD 2"	5.60	39.87	47.88	-	-
MD 2"	6.00	42.72	51.30	-	-
MD 2"	6.10	43.43	52.16	-	-
MD 2"	12.00	85.44	102.60	-	-

*También disponible en medidas especiales de acuerdo con el despiece del proyecto en todos los calibres de fabricación.

Nota: El espesor mínimo exigido para el metaldeck es de 0.75mm de acuerdo con NSR-10.

**luz máxima por vibraciones recomendada considerando sólo la losa de Metaldeck. Para considerar un análisis más completo incluyendo el sistema de entrepiso (viguetas, vigas y columnas) se puede consultar la referencia 25 (guía 11 del AISC - Floor Vibrations Due to Human Activity).

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

FICHA TÉCNICA METALDECK 3” (MD 3)

PESO DEL TABLERO METÁLICO METALDECK 3”				
CALIBRE	**22 (0.75mm)**	**20 (0.90mm)**	**18 (1.20mm)**	**16 (1.50mm)**
Peso en Kg/m²	8.18	9.83	13.02	16.32
Peso en Kg/m	7.12	8.55	11.33	14.20
ANCHO ÚTIL	870 mm			
ANCHO TOTAL	890 mm			

ESPESOR TOTAL LOSA METALDECK 3” “h” (mm)		
130	140	150
LUZ MÁXIMA POR VIBRACIONES “L” (m)**		
3.90	4.20	4.50
CANTIDADES TEÓRICAS DE CONCRETO (m³/m²)		
0.091	0.101	0.111

PRESENTACIONES COMERCIALES
Disponible en medidas especiales de acuerdo con el despiece del proyecto en todos los calibres de fabricación.

Nota: El espesor mínimo exigido para el Metaldeck es de 0.75mm de acuerdo con NSR-10.

**luz máxima por vibraciones recomendada considerando sólo la losa de Metaldeck. Para considerar un análisis más completo incluyendo el sistema de entrepiso (viguetas, vigas y columnas) se puede consultar la referencia 25 (guía 11 del AISC - Floor Vibrations Due to Human Activity).

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN COMPUESTA

METALDECK 2" CAL 22 (0.75mm)		ESPESOR TOTAL DE LA LOSA (mm)					
		100	110	120	130	140	150
Área concreto	(mm^2 mm)	72.2057	82.2057	92.2057	102.2057	112.2057	122.2057
I_3 (Lámina)	(mm^4 mm)	428.3670	428.3670	428.3670	428.3670	428.3670	428.3670
Área Lámina	(mm^2 mm)	1.0067	1.0067	1.0067	1.0067	1.0067	1.0067
dcg (Lámina)	(mm)	25.0400	25.0400	25.0400	25.0400	25.0400	25.0400
dd (Lámina)	(mm)	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000
n (Compuesto)	(Adim.)	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501
θ (Lámina)	(Rad)	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543
a (Agrietada)	(mm)	31.6123	34.2063	36.6609	38.9964	41.2286	43.3701
z (Agrietada)	(mm)	43.3477	50.7537	58.2991	65.9636	73.7314	81.5899
y (No agrietada)	(mm)	46.0857	50.7713	55.5162	60.3050	65.1272	69.9756
PESO PROPIO	(Kg/m^2)	181	205	229	253	278	302
Ic (Agrietado)	(mm^4 mm)	3,239.6841	4,186.7606	5,284.3931	6,535.1754	7,941.3403	9,504.8359
Ic (No agrietada)	(mm^4 mm)	6,398.7525	8,448.1570	10,915.9787	13,846.2332	17,282.8257	21,269.5917
Ic (Promedio)	(mm^4 mm)	4,819.2183	6,317.4588	8,100.1859	10,190.7043	12,612.0830	15,387.2138
Scc	(mm^3 mm)	102.4818	122.3972	144.1423	167.5839	192.6171	219.1562
Sic	(mm^3 mm)	47.3723	55.2389	63.4084	71.8123	80.4012	89.1386
Vr	(kgf/mm)	1.0060	1.1180	1.2090	1.2800	1.3310	1.3620
Ac	(mm^2 mm)	62.9360	71.7175	80.9512	90.6374	100.6289	110.6289

METALDECK 2" CAL 20 (0.90mm)		ESPESOR TOTAL DE LA LOSA (mm)					
		100	110	120	130	140	150
Área concreto	(mm^2 mm)	72.2057	82.2057	92.2057	102.2057	112.2057	122.2057
I_3 (Lámina)	(mm^4 mm)	510.9298	510.9298	510.9298	510.9298	510.9298	510.9298
Área Lámina	(mm^2 mm)	1.2053	1.2053	1.2053	1.2053	1.2053	1.2053
dcg (Lámina)	(mm)	25.0490	25.0490	25.0490	25.0490	25.0490	25.0490
dd (Lámina)	(mm)	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000
n (Compuesto)	(Adim.)	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501
θ (Lámina)	(Rad)	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543
a (Agrietada)	(mm)	33.7308	36.5507	39.2208	41.7628	44.1934	46.5262
z (Agrietada)	(mm)	41.2202	48.4003	55.7302	63.1882	70.7576	78.4248
y (No agrietada)	(mm)	46.8271	51.5602	56.3425	61.1616	66.0088	70.8782
PESO PROPIO	(Kg/m^2)	183	207	231	255	279	303
Ic (Agrietado)	(mm^4 mm)	3,676.1390	4,756.0265	6,010.8548	7,443.9626	9,058.2282	10,856.1672
Ic (No agrietada)	(mm^4 mm)	6,642.0286	8,756.7748	11,300.2167	14,316.2750	17,848.7917	21,941.5582
Ic (Promedio)	(mm^4 mm)	5,159.0838	6,756.4006	8,655.5357	10,880.1188	13,453.5100	16,398.8627
Scc	(mm^3 mm)	108.9847	130.1215	153.2568	178.2440	204.9678	233.3344
Sic	(mm^3 mm)	55.4728	64.7525	74.4109	84.3630	94.5470	104.9171
Vr	(kgf/mm)	1.0350	1.1240	1.2130	1.3000	1.3860	1.4700
Ac	(mm^2 mm)	62.9360	71.7175	80.9512	90.6374	100.6289	110.6289

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN COMPUESTA

METALDECK 2" CAL 18 (1.20mm)		ESPESOR TOTAL DE LA LOSA (mm)					
		100	110	120	130	140	150
Área concreto	(mm^2 mm)	72.2057	82.2057	92.2057	102.2057	112.2057	122.2057
I_3 (Lámina)	(mm^4 mm)	673.0053	673.0053	673.0053	673.0053	673.0053	673.0053
Área Lámina	(mm^2 mm)	1.5999	1.5999	1.5999	1.5999	1.5999	1.5999
dcg (Lámina)	(mm)	25.0670	25.0670	25.0670	25.0670	25.0670	25.0670
dd (Lámina)	(mm)	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000
n (Compuesto)	(Adim.)	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501
θ (Lámina)	(Rad)	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543
a (Agrietada)	(mm)	37.1876	40.3952	43.4365	46.3348	49.1087	51.7729
z (Agrietada)	(mm)	37.7454	44.5378	51.4965	58.5982	65.8243	73.1601
y (No agrietada)	(mm)	48.1910	53.0227	57.8843	62.7684	67.6699	72.5852
PESO PROPIO	(Kg/m^2)	186	210	234	258	282	306
Ic (Agrietado)	(mm^4 mm)	4,449.5407	5,765.5043	7,301.5418	9,062.5854	11,052.9015	13,276.2282
Ic (No agrietada)	(mm^4 mm)	7,099.4797	9,337.6303	12,024.7853	15,204.7146	18,921.1573	23,217.8325
Ic (Promedio)	(mm^4 mm)	5,774.5102	7,551.5673	9,663.1635	12,133.6500	14,987.0294	18,247.0303
Scc	(mm^3 mm)	119.6513	142.7274	168.0970	195.5890	225.0700	256.4319
Sic	(mm^3 mm)	70.8385	82.8320	95.3658	108.3197	121.6057	135.1585
Vr	(kgf/mm)	1.1093	1.2230	1.3369	1.4510	1.5644	1.6780
Ac	(mm^2 mm)	62.9360	71.7175	80.9512	90.6374	100.6289	110.6289

METALDECK 2" CAL 16 (1.50mm)		ESPESOR TOTAL DE LA LOSA (mm)					
		100	110	120	130	140	150
Área concreto	(mm^2 mm)	72.2057	82.2057	92.2057	102.2057	112.2057	122.2057
I_3 (Lámina)	(mm^4 mm)	831.0628	831.0628	831.0628	831.0628	831.0628	831.0628
Área Lámina	(mm^2 mm)	1.9907	1.9907	1.9907	1.9907	1.9907	1.9907
dcg (Lámina)	(mm)	25.0870	25.0870	25.0870	25.0870	25.0870	25.0870
dd (Lámina)	(mm)	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000	50.8000
n (Compuesto)	(Adim.)	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501	11.4501
θ (Lámina)	(Rad)	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543	0.9543
a (Agrietada)	(mm)	39.9333	43.4676	46.8227	50.0234	53.0892	56.0358
z (Agrietada)	(mm)	34.9797	41.4454	48.0903	54.8896	61.8238	68.8772
y (No agrietada)	(mm)	49.4151	54.3482	59.2928	64.2460	69.2061	74.1715
PESO PROPIO	(Kg/m^2)	189	213	237	261	285	309
Ic (Agrietado)	(mm^4 mm)	5,120.7458	6,641.5307	8,423.4076	10,472.9977	12,796.0456	15,397.5974
Ic (No agrietada)	(mm^4 mm)	7,522.1742	9,874.6584	12,696.0386	16,029.9991	19,920.2190	24,410.3744
Ic (Promedio)	(mm^4 mm)	6,321.4600	8,258.0945	10,559.7231	13,251.4984	16,358.1323	19,903.9859
Scc	(mm^3 mm)	128.2324	152.7926	179.9001	209.3621	241.0294	274.7814
Sic	(mm^3 mm)	85.2510	99.8240	115.1096	130.9507	147.2319	163.8666
Vr	(kgf/mm)	1.1078	1.2200	1.3314	1.4430	1.5550	1.6670
Ac	(mm^2 mm)	62.9360	71.7175	80.9512	90.6374	100.6289	110.6289

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN COMPUESTA

METALDECK 3" CAL 22 (0.75mm)		130	140	150
Área concreto	(mm^2 mm)	90.7471	100.7471	110.7471
I_3 (Lámina)	(mm^4 mm)	1,037.3276	1,037.3276	1,037.3276
Área Lámina	(mm^2 mm)	1.0549	1.0549	1.0549
dcg (Lámina)	(mm)	37.8270	37.8270	37.8270
dd (Lámina)	(mm)	76.2000	76.2000	76.2000
n (Compuesto)	(Adim.)	11.4501	11.4501	11.4501
θ (Lámina)	(Rad)	1.1732	1.1732	1.1732
a (Agrietada)	(mm)	36.6296	39.0492	41.3594
z (Agrietada)	(mm)	55.5434	63.1238	70.8136
y (No agrietada)	(mm)	58.2997	62.7460	67.2816
PESO PROPIO	(Kg/m^2)	226	250	274
Ic (Agrietado)	(mm^4 mm)	5,722.3696	6,973.9254	8,386.5858
Ic (No agrietada)	(mm^4 mm)	13,380.2951	16,579.9421	20,272.1867
Ic (Promedio)	(mm^4 mm)	9,551.3324	11,776.9338	14,329.3862
Scc	(mm^3 mm)	156.2227	178.5933	202.7735
Sic	(mm^3 mm)	61.2867	69.0824	77.1957
Vr	(kgf/mm)	2.2045	2.3000	2.3955
Ac	(mm^2 mm)	74.2314	81.9689	89.9959

METALDECK 3" CAL 20 (0.90mm)		130	140	150
Área concreto	(mm^2 mm)	90.7471	100.7471	110.7471
I_3 (Lámina)	(mm^4 mm)	1,239.0977	1,239.0977	1,239.0977
Área Lámina	(mm^2 mm)	1.2634	1.2634	1.2634
dcg (Lámina)	(mm)	37.8580	37.8580	37.8580
dd (Lámina)	(mm)	76.2000	76.2000	76.2000
n (Compuesto)	(Adim.)	11.4501	11.4501	11.4501
θ (Lámina)	(Rad)	1.1732	1.1732	1.1732
a (Agrietada)	(mm)	39.1547	41.7880	44.3034
z (Agrietada)	(mm)	52.9873	60.3540	67.8386
y (No agrietada)	(mm)	59.0561	63.5514	68.1266
PESO PROPIO	(Kg/m^2)	228	252	276
Ic (Agrietado)	(mm^4 mm)	6,533.9363	7,965.6784	9,585.0936
Ic (No agrietada)	(mm^4 mm)	13,813.4437	17,096.2955	20,882.9356
Ic (Promedio)	(mm^4 mm)	10,173.6900	12,530.9869	15,234.0146
Scc	(mm^3 mm)	166.8747	190.6211	216.3511
Sic	(mm^3 mm)	71.9238	81.1070	90.6850
Vr	(kgf/mm)	2.2000	2.2940	2.3880
Ac	(mm^2 mm)	74.2314	81.9689	89.9959

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN COMPUESTA

METALDECK 3" CAL 18 (1.20mm)		130	140	150
Área concreto	(mm^2 mm)	90.7471	100.7471	110.7471
I_3 (Lámina)	(mm^4 mm)	1,636.9816	1,636.9816	1,636.9816
Área Lámina	(mm^2 mm)	1.6783	1.6783	1.6783
dcg (Lámina)	(mm)	37.9190	37.9190	37.9190
dd (Lámina)	(mm)	76.2000	76.2000	76.2000
n (Compuesto)	(Adim.)	11.4501	11.4501	11.4501
θ (Lámina)	(Rad)	1.1732	1.1732	1.1732
a (Agrietada)	(mm)	43.2993	46.3010	49.1712
z (Agrietada)	(mm)	48.7817	55.7800	62.9098
y (No agrietada)	(mm)	60.4598	65.0551	69.7121
PESO PROPIO	(Kg/m^2)	231	255	279
Ic (Agrietado)	(mm^4 mm)	7,993.9570	9,748.3972	11,739.9945
Ic (No agrietada)	(mm^4 mm)	14,639.5399	18,080.1417	22,046.6945
Ic (Promedio)	(mm^4 mm)	11,316.7485	13,914.2695	16,893.3445
Scc	(mm^3 mm)	184.6211	210.5438	238.7575
Sic	(mm^3 mm)	92.2017	104.0395	116.4349
Vr	(kgf/mm)	2.1930	2.2830	2.3730
Ac	(mm^2 mm)	74.2314	81.9689	89.9959

METALDECK 3" CAL 16 (1.50mm)		130	140	150
Área concreto	(mm^2 mm)	90.7471	100.7471	110.7471
I_3 (Lámina)	(mm^4 mm)	2,027.3989	2,027.3989	2,027.3989
Área Lámina	(mm^2 mm)	2.0900	2.0900	2.0900
dcg (Lámina)	(mm)	37.9800	37.9800	37.9800
dd (Lámina)	(mm)	76.2000	76.2000	76.2000
n (Compuesto)	(Adim.)	11.4501	11.4501	11.4501
θ (Lámina)	(Rad)	1.1732	1.1732	1.1732
a (Agrietada)	(mm)	46.6164	49.9307	53.1025
z (Agrietada)	(mm)	45.4036	52.0893	58.9175
y (No agrietada)	(mm)	61.7342	66.4307	71.1719
PESO PROPIO	(Kg/m^2)	234	258	283
Ic (Agrietado)	(mm^4 mm)	9,284.9753	11,322.0480	13,641.6254
Ic (No agrietada)	(mm^4 mm)	15,417.1560	19,004.7704	23,140.1321
Ic (Promedio)	(mm^4 mm)	12,351.0656	15,163.4092	18,390.8788
Scc	(mm^3 mm)	199.1784	226.7553	256.8922
Sic	(mm^3 mm)	111.3525	125.7037	140.7841
Vr	(kgf/mm)	2.1910	2.2790	2.3670
Ac	(mm^2 mm)	74.2314	81.9689	89.9959

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

METALDECK 2"

PROPIEDADES DE LA LÁMINA			
CALIBRE	Area (mm²/mm)	I_3 (mm⁴/mm)	dcg (mm)
22	1.0067	428.37	25.04
20	1.2053	510.93	25.05
18	1.5999	673.01	25.07
16	1.9907	831.06	25.09

PROPIEDADES DEL CONCRETO SOLO	
ESPESOR DE LOSA	Area (mm²/mm)
100 mm	72.2057
110 mm	82.2057
120 mm	92.2057
130 mm	102.2057
140 mm	112.2057
150 mm	122.2057

GEOMETRÍA DEL PANEL METALDECK 2" (PARA REFUERZO NEGATIVO Y CORTANTE)					
Am (mm)	Bm (mm)	Cm (mm)	θ Rad	dd (mm)	Bu (mm)
116.00	188.00	73.50	0.954281	50.80	940.00

PROPIEDADES DEL MATERIAL			
f'c (k f/mm²)	Ec (k f/mm²)	Es (k f/mm²)	n Adim.
2.1	1,811.42	20,741.00	11.45

METALDECK 3"

PROPIEDADES DE LA LÁMINA			
CALIBRE	Area (mm²/mm)	I_3 (mm⁴/mm)	dcg (mm)
22	1.0549	1,037.33	37.83
20	1.2634	1,239.10	37.86
18	1.6783	1,636.98	37.92
16	2.0900	2,027.40	37.98

PROPIEDADES DEL CONCRETO SOLO	
ESPESOR DE LOSA	Area (mm²/mm)
130 mm	90.747
140 mm	100.7471
150 mm	110.7471

GEOMETRÍA DEL PANEL METALDECK 3" (PARA REFUERZO NEGATIVO Y CORTANTE)					
Am (mm)	Bm (mm)	Cm (mm)	θ Rad	dd (mm)	Bu (mm)
115.00	179.00	41.00	1.173213	76.20	870.00

PROPIEDADES DEL MATERIAL			
f'c (k f/mm²)	Ec (k f/mm²)	Es (k f/mm²)	n Adim.
2.1	1,811.42	20,741.00	11.45

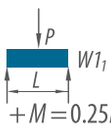
NOTAS DEL APÉNDICE 1

I_3 = Inercia de la sección completa
d_{cg} = Posición del centro de gravedad de la sección de METALDECK medido desde la parte inferior
d_d = Altura de formación de la lámina colaborante
θ = Ángulo de formación del Metaldeck para la sección de análisis
a = Profundidad del eje neutro de la sección agrietada
z = distancia desde eje neutro de la sección agrietada hasta el centroide del acero METALDECK
y = Profundidad del eje neutro de la sección no agrietada medida desde la parte superior de la sección
Ss = Módulo elástico de la sección de acero para el ala superior a flexión
Si = Módulo elástico de la sección de acero para el ala inferior a flexión
Ic = Inercia de la sección compuesta
Scc = Módulo elástico de la sección compuesta para la fibra superior de concreto
Sic = Módulo elástico de la sección compuesta para la fibra inferior de acero
Vr = Cortante vertical resistente por adherencia concreto-lámina

APÉNDICE 2

Figura 1
Diagramas de carga y momento flector

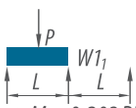
Luz simple



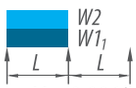
$+M = 0.25PL + 0.125W1_1L^2$

$+M = 0.125(W1_1 + W2)L^2$

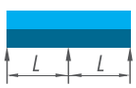
Dos luces continuas



$+M = 0.203PL + 0.096W1L^2$

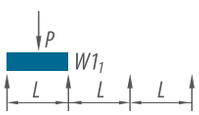


$+M = 0.096(W1 + W2)L^2$

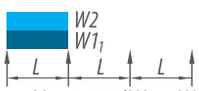


$-M = 0.125(W1 + W2)L^2$

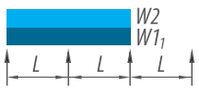
tres luces continuas



$+M = 0.20PL + 0.094W1L^2$



$+M = 0.094(W1 + W2)L^2$



$-M = 0.117(W1 + W2)L^2$

Figura 2
Diagramas de carga y deflexiones

Luz simple

$$\Delta = \frac{0.0130W1L^4}{EI}$$

Dos luces continuas

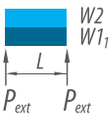
$$\Delta = \frac{0.0054W1L^4}{EI}$$

tres luces continuas

$$\Delta = \frac{0.0069W1L^4}{EI}$$

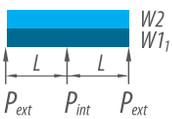
Figura 3
Diagramas de cargas y reacciones en los apoyos

Luz simple



$P_{ext} = 0.5(W1 + W2)L$

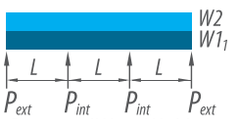
Dos luces continuas



$P_{ext} = 0.375(W1 + W2)L$

$P_{int} = 1.25(W1 + W2)L$

tres luces continuas



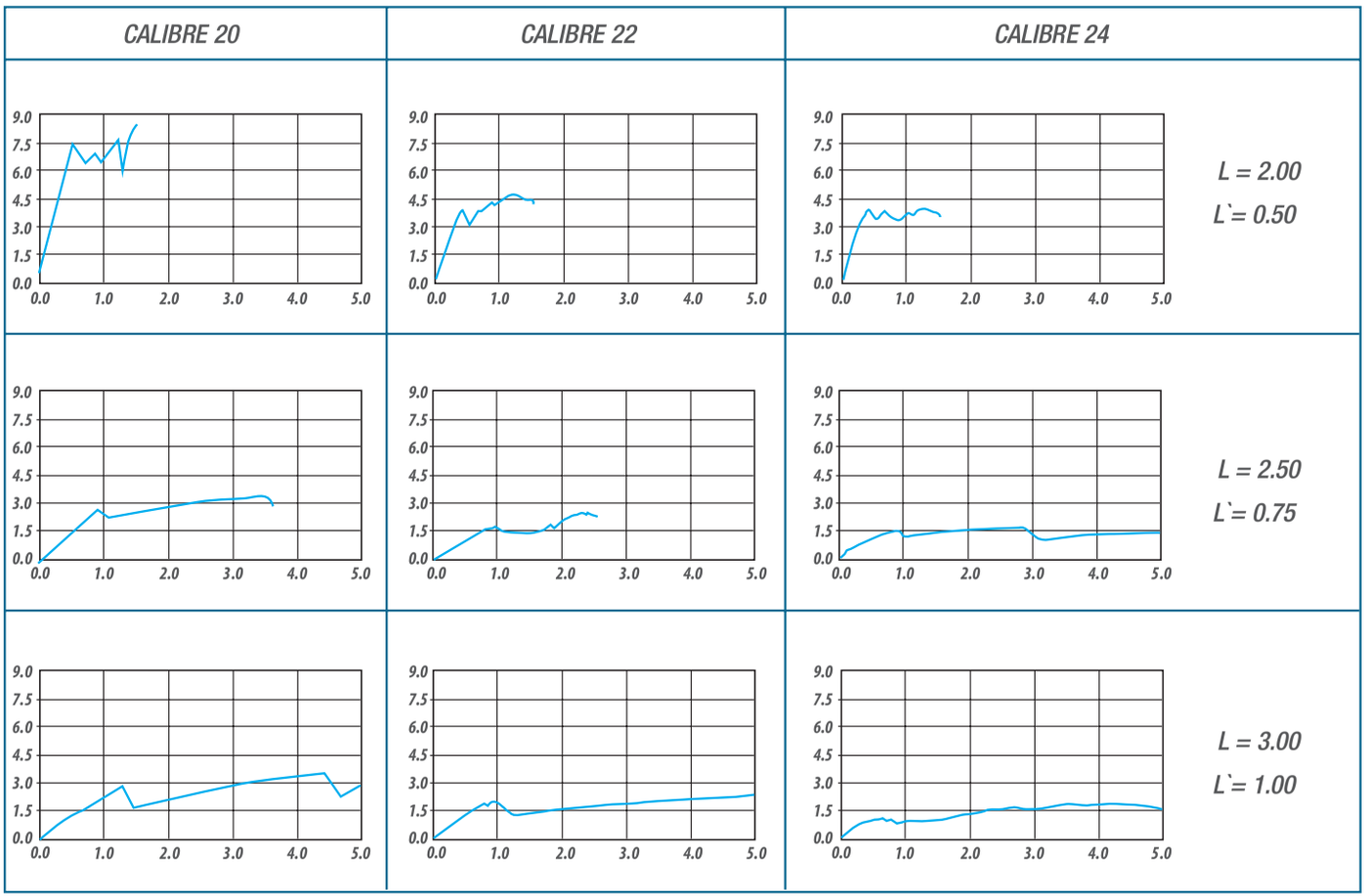
$P_{ext} = 0.4(W1 + W2)L$

$P_{int} = 1.1(W1 + W2)L$

Notas para las figuras 1, 2 y 3

P	= 150 lb (2.2KN) carga concentrada
I	= Momento de inercia (mm^4/m)
W1	= Peso de la losa de concreto + peso del tablero METALDECK (MPa)
W2	= Carga de construcción 20pfs (1kPA)
E	= 29.500ksi (203.000MPa) Módulo de elasticidad del acero
L	= Luz libre (mm)
$W1_1$	= 1.5 x peso de losa de concreto + peso del tablero Peso losa de concreto + 30pfs (1.5kPa) + Peso del tablero METALDECK

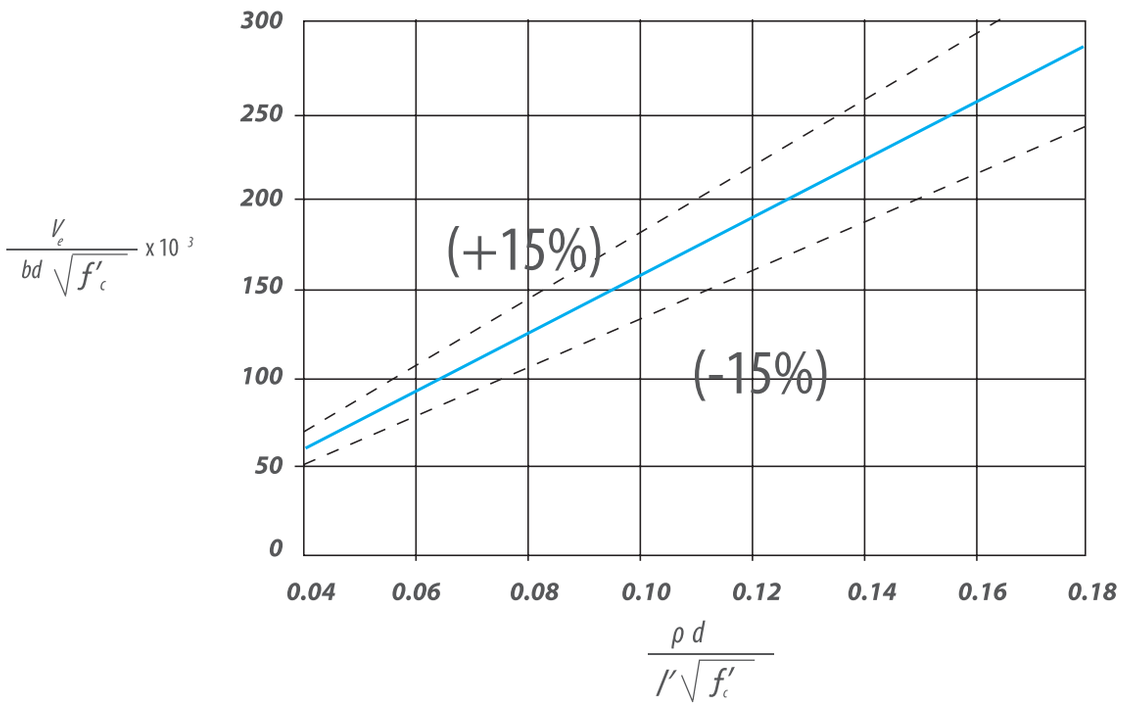
RESULTADOS TIPICOS DE ENSYOS DE ADHERENCIA A CORTANTE



ENSAYOS EXPERIMENTALES SISTEMAS METALDECK
FIGURA GENERAL DE RESULTADOS DEL OS ENSAYOS DE ADHERENCIA A CORTANTE
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA - DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL - BOGOTA, COLOMBIA

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

CALIBRE 20
m= 1399 k= 5.76 (-15%)
r= 0.920 (Coeficiente de correlación)



ENSAYOS EXPERIMENTALES SISTEMA METALDECK
CORRELACIÓN LOSAS Calibre 20
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - FACULTAD DE NGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL - BOGOTÁ

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

APÉNDICE 4

Grado 40	Metaldeck 2" calibre 22 (0.75mm)					
Luz (m)	100	110	120	130	140	150
	Carga total sobreimpuesta (Kgf/m²)					
2.0	1006	1118	1209	1280	1331	1362
2.1	958	1065	1151	1219	1268	1297
2.2	915	1016	1099	1164	1210	1238
2.3	875	972	1051	1113	1157	1184
2.4	838	932	1008	1067	1109	1135
2.5	805	894	967	1024	1065	1090
2.6	765	860	930	985	1024	1048
2.7	696	817	896	948	986	1009
2.8	634	746	862	914	951	973
2.9	579	681	788	883	918	939
3.0	529	623	722	824	887	908
3.1		571	661	755	852	879
3.2		523	606	693	782	851
3.3		479	557	637	719	803
3.4			511	585	661	739
3.5			469	538	608	671
3.6			431	495	552	599
3.7				450	493	533
3.8						
3.9						
4.0						
	Luz máxima sin apuntalamiento (m)					
	2.01	1.92	1.84	1.77	1.71	1.66

Grado 40	Metaldeck 2" calibre 20 (0.90mm)					
Luz (m)	100	110	120	130	140	150
	Carga total sobreimpuesta (Kgf/m²)					
2.0	1035	1124	1213	1300	1386	1470
2.1	986	1070	1155	1238	1320	1400
2.2	941	1022	1103	1182	1260	1336
2.3	900	977	1055	1130	1205	1278
2.4	863	937	1011	1083	1155	1225
2.5	828	899	970	1040	1109	1176
2.6	796	865	933	1000	1066	1131
2.7	767	833	899	963	1027	1089
2.8	739	803	866	929	990	1050
2.9	707	775	837	897	956	1014
3.0	649	749	809	867	924	980
3.1		703	783	839	894	948
3.2		647	750	813	866	919
3.3		596	691	788	840	891
3.4			638	730	815	865
3.5			589	675	763	840
3.6			544	624	706	790
3.7				577	653	731
3.8				534	605	671
3.9				494	556	605
4.0					501	544
	Luz máxima sin apuntalamiento (m)					
	2.30	2.19	2.10	2.02	1.95	1.89

Grado 40	Metaldeck 2" calibre 18 (1.20mm)					
Luz (m)	100	110	120	130	140	150
	Carga total sobreimpuesta (Kgf/m²)					
2.0	1109	1223	1337	1451	1564	1678
2.1	1056	1165	1273	1382	1490	1598
2.2	1008	1112	1215	1319	1422	1525
2.3	965	1063	1163	1262	1360	1459
2.4	924	1019	1114	1209	1304	1398
2.5	887	978	1070	1161	1252	1342
2.6	853	941	1028	1116	1203	1291
2.7	822	906	990	1075	1159	1243
2.8	792	874	955	1036	1117	1199
2.9	765	843	922	1001	1079	1157
3.0	740	815	891	967	1043	1119
3.1		789	863	936	1009	1083
3.2		764	836	907	978	1049
3.3		720	810	879	948	1017
3.4			786	854	920	987
3.5			763	829	894	959
3.6			682	806	869	932
3.7				784	846	907
3.8				720	823	883
3.9				647	797	861
4.0					744	834
	Luz máxima sin apuntalamiento (m)					
	2.81	2.68	2.56	2.46	2.37	2.29

Grado 40	Metaldeck 2" calibre 16 (1.50mm)					
Luz (m)	100	110	120	130	140	150
	Carga total sobreimpuesta (Kgf/m²)					
2.0	1108	1220	1331	1443	1555	1667
2.1	1055	1162	1268	1374	1481	1588
2.2	1007	1109	1210	1312	1414	1515
2.3	963	1061	1158	1255	1352	1450
2.4	923	1017	1110	1203	1296	1389
2.5	886	976	1065	1154	1244	1334
2.6	852	938	1024	1110	1196	1282
2.7	821	904	986	1069	1152	1235
2.8	791	871	951	1031	1111	1191
2.9	764	841	918	995	1072	1150
3.0	739	813	888	962	1037	1111
3.1		787	859	931	1003	1075
3.2		763	832	902	972	1042
3.3		739	807	875	942	1010
3.4			783	849	915	981
3.5			761	825	889	953
3.6			740	802	864	926
3.7				780	841	901
3.8				759	818	877
3.9				727	797	855
4.0					778	834
	Luz máxima sin apuntalamiento (m)					
	3.25	3.09	2.96	2.84	2.74	2.64

Metaldeck 2

Espesor total de losa h (mm)					
100	110	120	130	140	150
Luz máxima por vibraciones (m)*					
3.00	3.30	3.60	3.90	4.20	4.50

Espesor total de losa h (mm)					
100	110	120	130	140	150
Consumo teórico de concreto (m^3/m^2)					
0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122

*luz máxima por vibraciones recomendada considerando sólo la losa de Metaldeck. Para considerar un análisis más completo incluyendo el sistema de entrepiso (viguetas, vigas y columnas) se puede consultar la referencia 25 (guía 11 del AISC - Floor Vibrations Due to Human Activity).

Nota 1: La tabla muestra valores de carga de servicio sobreimpuesta, el peso propio ya se encuentra incluido en el análisis. No se debe restar el peso propio a los valores mostrados en la tabla.

Nota 2: Los valores de la tabla serán válidos si la lámina es sujetada a la estructura de soporte. Deben colocarse conectores para restricción al giro en los apoyos.

Nota 3: El límite máximo para deflexión durante la construcción es L/180.

El límite máximo para deflexión durante el servicio de la losa es L/360.

Nota 4: los valores de carga en las tablas se limitan a un máximo 400psf (1950kgf/m^2)

Grado 40	Metaldeck 3" calibre 22 (0.75mm)		
Luz (m)	130	140	150
	Carga total sobreimpuesta (Kgf/m²)		
2.0	1842	1950	1950
2.1	1650	1864	1950
2.2	1483	1676	1879
2.3	1338	1512	1695
2.4	1210	1369	1535
2.5	1097	1242	1393
2.6	998	1129	1267
2.7	909	1029	1155
2.8	829	939	1055
2.9	757	858	965
3.0	693	786	883
3.1	635	720	810
3.2	582	660	743
3.3	533	606	683
3.4	489	556	627
3.5	449	511	576
3.6	412	469	530
3.7	378	431	487
3.8	347	395	447
3.9	318	363	411
4.0		332	377
	Luz máxima sin apuntalamiento (m)		
	2.42	2.32	2.24

Grado 40	Metaldeck 3" calibre 20 (0.90mm)		
Luz (m)	130	140	150
	Carga total sobreimpuesta (Kgf/m²)		
2.0	1950	1950	1950
2.1	1950	1950	1950
2.2	1778	1950	1950
2.3	1607	1818	1950
2.4	1458	1649	1849
2.5	1325	1500	1683
2.6	1208	1368	1535
2.7	1104	1250	1403
2.8	1010	1145	1285
2.9	926	1050	1180
3.0	851	965	1084
3.1	782	887	998
3.2	720	817	919
3.3	664	753	848
3.4	612	695	783
3.5	565	642	723
3.6	521	593	669
3.7	481	548	618
3.8	444	506	572
3.9	410	468	529
4.0		432	489
	Luz máxima sin apuntalamiento (m)		
	2.81	2.69	2.59

Grado 40	Metaldeck 3" calibre 18 (1.20mm)		
Luz (m)	130	140	150
	Carga total sobreimpuesta (Kgf/m²)		
2.0	1950	1950	1950
2.1	1950	1950	1950
2.2	1950	1950	1950
2.3	1907	1950	1950
2.4	1828	1903	1950
2.5	1754	1826	1898
2.6	1610	1756	1825
2.7	1476	1671	1758
2.8	1356	1536	1695
2.9	1249	1415	1590
3.0	1152	1305	1467
3.1	1064	1206	1356
3.2	984	1116	1256
3.3	912	1034	1164
3.4	845	960	1080
3.5	785	891	1004
3.6	729	828	934
3.7	678	771	869
3.8	631	717	809
3.9	587	668	754
4.0		623	703
	Luz máxima sin apuntalamiento (m)		
	3.49	3.35	3.22

Grado 40	Metaldeck 3" calibre 16 (1.50mm)		
Luz (m)	130	140	150
	Carga total sobreimpuesta (Kgf/m²)		
2.0	1950	1950	1950
2.1	1950	1950	1950
2.2	1950	1950	1950
2.3	1905	1950	1950
2.4	1826	1899	1950
2.5	1753	1823	1894
2.6	1685	1753	1821
2.7	1623	1688	1753
2.8	1565	1628	1691
2.9	1511	1572	1632
3.0	1436	1519	1578
3.1	1330	1470	1527
3.2	1233	1399	1479
3.3	1146	1300	1435
3.4	1066	1209	1361
3.5	993	1127	1269
3.6	925	1051	1184
3.7	844	981	1106
3.8	762	917	1034
3.9	687	857	967
4.0		790	905
	Luz máxima sin apuntalamiento (m)		
	3.96	3.79	3.65

Metaldeck 3

Espesor total de losa h (mm)		
130	140	150
Luz máxima por vibraciones (m)*		
3.90	4.20	4.50

Espesor total de losa h (mm)		
130	140	150
Consumo teórico de concreto (m^3/m^2)		
0.091	0.101	0.111

*luz máxima por vibraciones recomendada considerando sólo la losa de Metaldeck. Para considerar un análisis más completo incluyendo el sistema de entrepiso (viguetas, vigas y columnas) se puede consultar la referencia 25 (guía 11 del AISC - Floor Vibrations Due to Human Activity).

Nota 1: La tabla muestra valores de carga de servicio sobreimpuesta, el peso propio ya se encuentra incluido en el análisis. No es necesario restar el valor del peso propio a los valores mostrados en la tabla.

Nota 2: Los valores de la tabla serán válidos si la lámina es sujetada a la estructura de soporte. Deben colocarse conectores para restricción al giro en los apoyos.

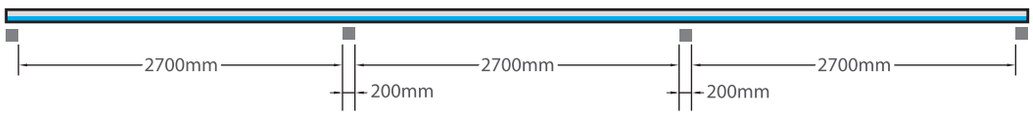
Nota 3: El límite máximo para deflexión durante la construcción es L/180. El límite máximo para deflexión durante el servicio de la losa es L/360.

Nota 4: Los valores de carga en las tablas se limitan a un maximo 400psf ($1950kgf/m^2$)

APÉNDICE 5

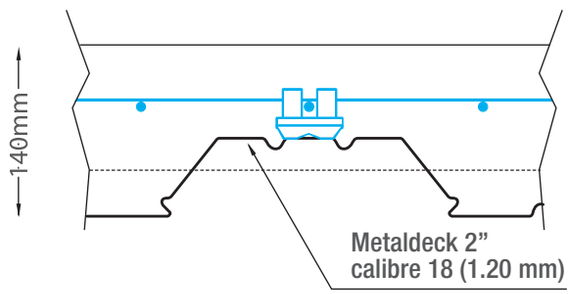
EJEMPLOS DE DISEÑO

Condiciones de Apoyo



Sistema de losa en Metaldeck

Sección transversal



Se tiene:

Metaldeck 2” calibre 18 (1.20mm)
$f_y = 275MPa$ (40ksi)
$E_s = 203{,}000MPa$ (29,500ksi)
Espesor total de losa: 140mm. Sistema continuo de tres luces (como formaleta)
Luz entre apoyos: 2,900mm
Luz libre (L): 2,700mm

Concreto:

$f'_c = 21MPa$ (3ksi)
$\gamma_{concreto} = 24kN/m^3$

Se requiere verificar las deflexiones y la capacidad admisible y última del tablero METALDECK actuando como formaleta. Encontrar la carga máxima que resiste la sección.

Parte 1. Tablero como formaleta

$\delta_{calculado} \leq \delta_{admisible}$ = L/180 = 2700mm/180 = 15.00mm (máximo 20mm)

Donde:

$$\delta_{calculado} = \frac{0.0069 \times q \times L^4}{EI_{ex}}$$

q = peso del concreto + peso del tablero METALDECK = 2.822N/mm
L = Luz libre entre apoyos = 2,700mm
E = módulo de Elasticidad del acero = 203,000MPa = 203,000N/mm2
I_{ex} = Inercia efectiva de la lámina METALDECK = 575,562mm4 (acorde con las especificaciones del AISI)
(Referencia 3)

$$\delta_{calculado} = \frac{0.0069 \times 2.822 \times 2{,}700^4}{203{,}000 \times 575{,}562} = 8.86mm < 15.00mm \text{ OK!}$$

Para la envolvente de cortante y momento flector combinados tenemos:

$$M_{ux} = 1.6M_{conc+MD} + 1.4M_{cc}$$

$$V_{ux} = 1.6V_{conc+MD} + 1.4V_{cc}$$

$M_{conc+MD}$ = Momento del concreto más la lámina de Metaldeck (N.mm)
$V_{conc+MD}$ = Cortante del concreto más la lámina de METALDECK (N)
M_{cc} = Momento debido a las cargas de construcción. Será el más crítico entre una carga de 20psf (1kPa) ó una carga de 150lb (2.2kN) aplicado en el centro de la luz, tomando un ancho de lámina 1.00m
(1000mm)
V_{cc} = Cortante debido a las cargas de construcción. Se calcula con el peso propio del concreto y lámina de METALDECK más una carga distribuida de 20psf (1kPa) en un ancho de 1.00m.

Para el momento positivo (con factores de mayoración):

$$+M_{ux} = 0.20PL \times 1.4 + 0.094qL^2 \times 1.6 =$$
$$+M_{ux} = 0.20 \times 2200 \times 2700 \times 1.4 + 0.094 \times 2.822 \times 2700^2 \times 1.6 =$$
$$+M_{ux} = 4'757{,}286N.mm$$ (Remitirse a la condición crítica mostrada en el Apéndice 2)

Para el momento negativo:

$$-M_{ux} = 0.117 \times (1.6 \times q_{pp} + 1.4 \times q_{cc}) \times L^2 =$$

$$-M_{ux} = 0.117 \times (1.6 \times 2.822 + 1.4 \times 1.00) \times 2700^2 = 5'045,252 N.mm \quad \text{(Apéndice 2)}$$

Para el cortante mayorado

$$V_{uy} = 0.6 \times (1.6 \times q_{pp} + 1.4 \times q_{cc}) \times L = 0.6 \times (1.6 \times 2.822 + 1.4 \times 1.00) \times 2700 =$$

$$V_{uy} = 9,583 N$$

Por otra parte:

$$+\phi M_{nx} = 0.95 \times 24,761 \times 275 = 6'468,811.25 N.mm$$

$$-\phi M_{nx} = 0.95 \times 21,034 \times 275 = 5'495,133 N.mm$$

$$\phi V_{ny} = 50,117 N \quad \text{(Ver Apéndice 1)}$$

Entonces, utilizando la ecuación de la envolvente:

$$\left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}}\right)^2 + \left(\frac{V_{uy}}{\phi V_{ny}}\right)^2 \leq 1.00$$

$$\left(\frac{5'045,252}{5'495,133}\right)^2 + \left(\frac{9,583}{50,117}\right)^2 = 0.88 \leq 1.00 \qquad \text{OK!}$$

La anterior envolvente cumple para el momento negativo. Igualmente, un simple análisis visual comparativo permite concluir que la envolvente para momento positivo también se cumple.

La selección del METALDECK actuando como formaleta es adecuada. En caso de que se hubiera presentado falla se debe colocar un apuntalamiento intermedio y recalcular los esfuerzos, verificando que se cumple para la nueva condición de apoyo. Las tablas del Apéndice 4 fueron desarrolladas con la teoría por esfuerzos admisibles, por lo cual los valores registrados allí pueden ser conservadores respecto a los mostrados en este ejercicio.

Parte 2. Tablero de acero y concreto como unidad compuesta

a) Momento Flector:

a.1) Análisis por esfuerzos admisibles:

El análisis se realiza para una losa de 1000mm (1.00m) de ancho. Se asume que no hay continuidad de la losa entre los tres vanos. No existe el refuerzo superior para lograr tal continuidad. Los valores para el análisis vienen dados por:

$I_{prom} = (I_{agr} + I_{noagr})/2 = 14'987{,}029 mm^4$ (Ver Apéndice 1)

$S_{ic} = 121{,}605.7 mm^3$

$M_{adm} = C \times S_{ic} \times F_y = 0.6 \times 121{,}605.7 \times 275 = 20'064{,}941 N.mm$

Tomando C como 0.6:

$M_{adm} = 20'064{,}941 N.mm = 2{,}006.49 kgf.m$

Igualando el momento admisible con el actuante, M_{adm} y M_{act}, correspondientemente, se tiene:

$M_{act} = \frac{q_{act} \times L^2}{8} = M_{adm}$ entonces $q_{act} = \frac{8 \times M_{adm}}{L^2} = \frac{8 \times 2{,}006.49 kgf.m}{(2.70m)^2} =$

$q_{act} = q_{pp} + q_{cs} = 2{,}201.91 kgf/m$; $q_{cs} = 2{,}201.91 kgf/m - 282.16 kgf/m =$

$q_{cs} = 1{,}919.75 kgf/m$

Como el ancho de análisis corresponde a 1.00m (1000mm) se tiene que:

$w_{cs} = 1{,}919.75 kgf/m^2$

Donde:

q_{act} = Carga actuante total por unidad de longitud
q_{pp} =Carga por unidad de longitud debido al peso propio
q_{cs} = Carga sobreimpuesta por unidad de longitud
w_{cs} = Carga sobreimpuesta por unidad de área

Nótese que el método anterior, por teoría elástica (esfuerzos admisibles) no tomó en cuenta el incremento en la capacidad (C=0.6) de la sección transversal debido a la presencia de conectores de cortante, los cuales son obligatorios para el buen funcionamiento del sistema. Las tablas del Apéndice 4 están elaboradas con esta teoría. Al tener en cuenta la presencia de conectores de cortante puede tomarse C=0.75 en la ecuación de Madm (Ver sección 3.2.6)

a.2) Análisis por resistencia última

El método de análisis de la sección por estado límite permite obtener una mayor capacidad en la sección transversal. Para este caso en particular se tiene que:

$$\phi M_{nx} = \phi As \times F_y \times (d - a/2) \quad \text{Donde} \quad a = A_s F_y / (0.85 f'_c\, b)$$

Entonces: $a = 1{,}599.9 \times 275 / (0.85 \times 21 \times 1{,}000) = 24.65 mm$

$a = 24.65 mm$

$\phi M_{nx} = 0.85 \times 1{,}599.9 \times 275 \times (114.93 - 12.33) = 38'370{,}001.73 N.mm$

$\phi M_{nx} = 38'370{,}001.73 N.mm = 3{,}837.00 kgf.m$

$\phi M_{nx} = 3{,}837.00 kgf.m$: Momento máximo alcanzado teniendo en cuenta 96 los conectores de cortante.

Por otra parte:

$\phi M_{nx} = 0.85 \times 121{,}605.7 \times 275 = 28'425{,}332.38 N.mm$

$\phi M_{nx} = 28'425{,}332.38 N.mm = 2{,}842.53 kgf.m$: Momento máximo alcanzado sin tener en cuenta los conectores de cortante.

En caso de tener conectores de cortante en un número no suficiente para desarrollar el momento máximo en la sección transversal puede usarse una interpolación lineal entre el momento flector mínimo y máximo (Ver sección 3.5.1.3) acorde con la cantidad de conectores presentes.

b) Cortante en la sección

Para el METALDECK

$\phi V_{Metaldeck} = 5{,}011.70 kgf$ (Ver Tabla Apéndice 4)

$$\phi V_{concreto} = 0.85 \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times A_c = 0.85 \times \frac{\sqrt{21}}{6} \times 100{,}628.9 = 65{,}328.10 N$$

$\phi V_{concreto} = 65{,}328.10 N = 6{,}532.81 kgf$

$\phi V_y = 5{,}011.70 + 6{,}532.81 = 11{,}544.51 kgf$

$\phi V_y = 11{,}544.51 kgf$

Entonces:

$$\phi V_y = \frac{(1.2q_{pp} + 1.6q_{cs}) \times L}{2} \; ; \; 1.6q_{cs} = \frac{2\phi V_y}{L} - 1.2q_{pp} \; ; \; q_{cs} = \frac{1.25\phi V_y}{L} - 0.75q_{pp}$$

$$q_{cs} = \frac{1.25 \times 11{,}544.51}{2.7} - 0.75 \times 282.16 = 5{,}133.06 kgf$$

$$q_{cs} = 5{,}133.06 kgf/m \text{ y}$$

$$w_{cs} = 5{,}133.06 kgf/m^2$$

Se tomó el total de la carga sobreimpuesta como viva. Este es un procedimiento algo conservador, sin embargo el valor alto de la carga muestra que el cortante en la sección muy pocas veces gobierna.

c) Adherencia

La capacidad de adherencia para el Metaldeck 2" calibre 18 (1.2mm) h=140mm viene dada por (de acuerdo a ensayos realizados en la Universidad de Los Andes):

$$V_r = 1{,}564.4 kgf$$

$$V_r = \frac{q_{cs} \times L}{2} \; ; \; q_{cs} = \frac{2V_r}{L} \quad \text{Entonces,}$$

$$q_{cs} = \frac{2 \times 1{,}564.4}{2.7} = 1{,}158.81 kgf$$

$$w_{cs} = 1{,}158.81 kgf/m^2$$

Para la mayoría de los casos la carga máxima a soportar vendrá dada por el valor del cortante de adherencia. Este análisis se realiza para la condición de lámina y concreto sin la presencia de los conectores.

Debido a que obligatoriamente estos deben colocarse la capacidad del sistema siempre es mayor a la obtenida por esta última ecuación, ya que estos impiden el desplazamiento relativo entre la lámina de Metaldeck y el concreto. Las deflexiones raramente gobiernan pero debe hacerse un chequeo de comprobación.

APÉNDICE 6

DISEÑO DE CONECTORES DE CORTANTE EN VIGAS COMPUESTAS CON LOSAS SOBRE TABLERO METÁLICO
Resistencia al cortante horizontal nominal por 1 conector, Qn en KN

$$Q_n = 0.5 A_{SC} \sqrt{f'_C E_C} \leq R_g R_p A_{SC} F_U$$

Q_n

f'_c : 21MPa y 28 MPa con w c = 2400Kg/m³

E_c : Módulo de elasticidad del concreto $= 0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f'_C,\ MPa}$

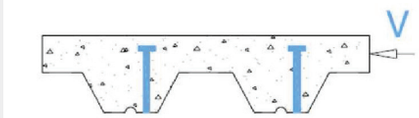
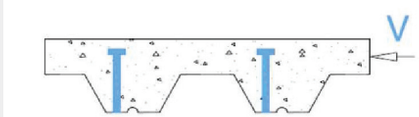
F_u : Resistencia a la tensión del conector tipo espigo con cabeza = 448MPa (65ksi)

A_{sc}: Área de la sección transversal del conector tipo espigo en mm²

R_g , R_p : Coeficientes de reducción (ver NSR-10 F.2.9.8.2.1)

Para conversión al sistema mks: 1000 Kgf = 1 ton = 9.81 KN ~ 10 KN

Conectores comerciales: Ø3/4" x 3-7/8" para MD 2": Queda de 3-1/2" instalado
Ø3/4" x 4-7/8" para MD 3" Queda de 4-1/2" instalado

Orientación del Metaldeck			Diámetro del conector	Resistencia de un conector Qn en KN	
				f'c =21MPa	f'c =28MPa
Paralelo a la viga			3/8"	24 KN	24 KN
			1/2"	43 KN	43 KN
			5/8"	67 KN	67 KN
			3/4"	96 KN	96 KN
 Perpendicular a la viga (Posición débil del conector)	Número de conectores por valle	1	3/8"	19 KN	19 KN
			1/2"	34 KN	34 KN
			5/8"	53 KN	53 KN
			3/4"	77 KN	77 KN
		2	3/8"	16 KN	16 KN
			1/2"	29 KN	29 KN
			5/8"	45 KN	45 KN
			3/4"	65 KN	65 KN
		3	3/8"	13 KN	13 KN
			1/2"	24 KN	24 KN
			5/8"	37 KN	37 KN
			3/4"	54 KN	54 KN
 Perpendicular a la viga (Posición fuerte del conector)	Número de conectores por valle	1	3/8"	24 KN	24 KN
			1/2"	43 KN	43 KN
			5/8"	67 KN	67 KN
			3/4"	96 KN	96 KN
		2	3/8"	20 KN	20 KN
			1/2"	36 KN	36 KN
			5/8"	57 KN	57 KN
			3/4"	81 KN	81 KN
		3	3/8"	17 KN	17 KN
			1/2"	30 KN	30 KN
			5/8"	47 KN	47 KN
			3/4"	67 KN	67 KN

Nota: La altura del conector después de soldado a la viga debe ser mayor a h_r + 38mm

Notas

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.

Notas

SynergioAd

Parque Industrial Malambo Pimsa
Malambo, Atlántico - Colombia

01 8000 514 514
Email: servicio@acesco.com
www.acesco.com

Edición 3. Diciembre 2013.
Acesco se reserva el derecho de modificar, sin previo aviso, los datos aquí consignados.

ACESCO
Mejores Materiales. Mejores Obras.